

27.12.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

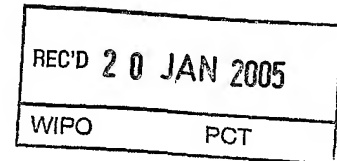
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2004年 1月 5日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2004-000236  
[ST. 10/C]: [JP2004-000236]

出 願 人  
Applicant(s): 株式会社ニコン

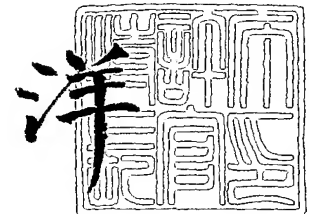


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年11月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 J15267A1  
【提出日】 平成16年 1月 5日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/027  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内  
    【氏名】 長坂 博之  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004112  
    【氏名又は名称】 株式会社ニコン  
【代理人】  
    【識別番号】 100064908  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 志賀 正武  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100108578  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 高橋 詔男  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100101465  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 青山 正和  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100107836  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 西 和哉  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 008707  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9800076

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

液体供給機構から供給された液体と投影光学系とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記液体供給機構から供給された液体の圧力を調整する圧力調整機構を備えたことを特徴とする露光装置。

**【請求項 2】**

前記圧力調整機構は、前記液体の追加又は前記液体の一部回収を行うことによって前記液体の圧力調整を行うことを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

**【請求項 3】**

前記液体は前記投影光学系の像面側に配置された物体上に液浸領域を形成し、

前記圧力調整機構は、前記液体が前記物体に及ぼす力を低減するように前記液体の圧力調整を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の露光装置。

**【請求項 4】**

前記液体は前記投影光学系の像面側に配置された物体上に液浸領域を形成し、

前記圧力調整機構は、前記物体の液体接触面と前記液体との親和性を考慮して前記液体の圧力調整を行うことを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項記載の露光装置。

**【請求項 5】**

前記物体は前記基板であることを特徴とする請求項 3 又は 4 記載の露光装置。

**【請求項 6】**

前記投影光学系の像面側の気体を排出する排気手段を備え、前記排気手段による気体の排出を行いながら前記液体供給機構による液体供給を開始することを特徴とする請求項 1～5 のいずれか一項記載の露光装置。

**【請求項 7】**

前記排気手段の排気口は、前記投影光学系の投影領域に対して前記液体供給機構の液体供給口よりも近くに配置されていることを特徴とする請求項 6 記載の露光装置。

**【請求項 8】**

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記液体を供給するための液体供給機構と、

前記投影光学系の像面側の気体を排出する排気手段とを備え、

前記排気手段の排気口は、前記液体供給機構の液体供給口よりも前記投影光学系による投影領域の近くに配置され、

前記液体供給機構による液体供給は、前記排気手段による気体の排出を行いながら開始されることを特徴とする露光装置。

**【請求項 9】**

前記液体供給機構の液体供給口は前記投影光学系の投影領域の両側に配置され、前記投影領域の両側から液体供給が可能であることを特徴とする請求項 1～8 のいずれか一項記載の露光装置。

**【請求項 10】**

前記投影光学系の投影領域に対して前記液体供給機構の液体供給口の外側に液体回収口を有する第 1 液体回収機構を備えたことを特徴とする請求項 1～9 のいずれか一項記載の露光装置。

**【請求項 11】**

前記第 1 液体回収機構とは別の駆動源を有し、前記投影光学系の投影領域に対して前記第 1 液体回収機構の液体回収口の外側に補助回収口を有する第 2 液体回収機構を備えたことを特徴とする請求項 10 記載の露光装置。

**【請求項 12】**

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記液体を供給するための液体供給機構と、

前記投影光学系の投影領域に対して前記液体供給機構の液体供給口の外側に液体回収口を有する第1液体回収機構と、

前記第1液体回収機構とは別の駆動源を有し、前記投影光学系の投影領域に対して前記第1液体回収機構の液体回収口の外側に補助の液体回収口を有する第2液体回収機構とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項13】

前記駆動源は無停電電源を含むことを特徴とする請求項11又は12記載の露光装置。

【請求項14】

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記液体を供給するための液体供給機構と、

前記液体を回収するための液体回収機構と、

前記基板を保持する基板ステージとを備え、

前記液体供給機構と前記液体回収機構とによって前記基板ステージ上に局所的に液浸領域を形成している状態で、前記基板ステージを第1位置から第2位置へほぼ直線的に移動させるときに、前記第1位置と前記第2位置との間隔に応じて前記基板ステージの移動速度を異ならせることを特徴とする露光装置。

【請求項15】

前記第1位置と前記第2位置との間隔が所定量以上の場合には、前記第1位置と前記第2位置との間隔が前記所定量よりも短い場合に比べて、前記基板ステージの移動速度を小さくすることを特徴とする請求項14記載の露光装置。

【請求項16】

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記液体を供給するための液体供給機構と、

前記液体を回収するための液体回収機構と、

前記基板を保持する基板ステージとを備え、

前記液体供給機構と前記液体回収機構とによって前記基板ステージ上に局所的に液浸領域を形成している状態で、前記基板ステージを第1位置から第2位置へほぼ直線的に移動させるときに、前記第1位置から前記第2位置への前記基板ステージの移動方向に応じて前記基板ステージの移動速度を異ならせることを特徴とする露光装置。

【請求項17】

前記基板ステージを前記液体回収機構による液体回収力が弱い所定方向へ移動させる場合には、前記基板ステージを前記所定方向とは異なる方向へ移動させる場合に比べて、前記基板ステージの移動速度を小さくすることを特徴とする請求項16記載の露光装置。

【請求項18】

前記液体回収機構による液体回収力が弱い所定方向には、前記液体回収機構の液体回収口が配置されていないことを特徴とする請求項17記載の露光装置。

【請求項19】

請求項1～請求項18のいずれか一項記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】露光装置及びデバイス製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して基板を露光する露光装置及びデバイス製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板上に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短いほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長はKrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度R、及び焦点深度 $\delta$ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 $\lambda$ は露光波長、NAは投影光学系の開口数、 $k_1$ 、 $k_2$ はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度Rを高めるために、露光波長 $\lambda$ を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度 $\delta$ が狭くなることが分かる。

【0003】

焦点深度 $\delta$ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足するおそれがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たして液浸領域を形成し、液体中での露光光の波長が空気中の $1/n$  ( $n$ は液体の屈折率で通常1.2~1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 $n$ 倍に拡大するというものである。

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、液浸露光処理や液体を介した各種光学的計測処理を良好に行うためには液体の液浸領域を所望状態に形成することが重要である。例えば液浸領域の液体の圧力が所望の圧力に維持されず、圧力変動が生じると、その圧力変動によって例えば基板や基板ステージが僅かながら変形し、その変形により露光精度や計測精度が劣化する可能性がある。あるいは液体の圧力変動が生じると、その液体に接している投影光学系の一部(最も像面側の光学素子など)が変位あるいは振動して基板上に投影されるパターン像が劣化したり、投影光学系及び液体を介した計測精度が劣化する。

【0005】

また、液浸領域を形成するために液体を供給した際、液浸領域の液体中に気泡などの気体部分が生成される可能性が高くなる。気体部分が生成されると、その気体部分によって、基板上にパターン像を形成するための露光光が基板上に到達しない、あるいは基板上にパターン像を形成するための露光光が基板上の所望の位置に到達しない、あるいは計測光が計測器に到達しない、あるいは計測光が所望の位置に到達しないなどの現象が生じ、露

光精度及び計測精度の劣化を招く。

【0006】

また、液体供給機構及び液体回収機構を使って液体の供給及び回収を行うことで基板上に液体の液浸領域を形成する場合、液体供給機構や液体回収機構が誤作動するなど露光装置に異常が生じて液浸領域が所望状態に形成されない不都合が生じる可能性もある。例えば液浸領域が所望の大きさより大きくなると、基板の外側に液体が流出する可能性が高くなる。また、基板ステージの移動条件によっては投影光学系の像面側に液体を良好に保持できない状況が発生する可能性があり、これによっても液浸領域に気体部分が生成されたり、基板の外側に液体が流出する不都合が生じる。液体が流出すると、その流出した液体により、基板を支持する基板ステージ周辺の機械部品等に錆びを生じさせたり、あるいはステージ駆動系等の漏電を引き起こすといった不都合も生じる。また、液体が流出すると、その流出した液体の気化によって、例えば基板の置かれている環境（温度、湿度）が変動し、基板や基板ステージが熱変形したり、あるいは液体の気化によって基板の位置情報などを計測する各種計測光の光路上の気体（空気）に揺らぎが生じ、露光精度や計測精度が劣化する。

【0007】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、液浸領域を良好に形成して、高い露光精度及び計測精度を得ることができる露光装置、及びその露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図17に対応付けした以下の構成を採用している。

本発明の露光装置（EX）は、液体供給機構（10）から供給された液体（LQ）と投影光学系（PL）とを介して基板（P）上に露光光（EL）を照射して、基板（P）を露光する露光装置（EX）において、液体供給機構（10）から供給された液体（LQ）の圧力を調整する圧力調整機構（90）を備えたことを特徴とする。

【0009】

本発明によれば、液体供給機構（10）から供給された液体（LQ）の圧力を圧力調整機構（90）を使って調整することで、例えば液体（LQ）の圧力変動に伴う基板（P）や基板ステージ（PST）の変形、あるいは投影光学系（PL、2）の変位や振動の発生を防止することができる。したがって、高い露光精度及び計測精度を得ることができる。

【0010】

本発明の露光装置（EX）は、投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して基板（P）上に露光光（EL）を照射して、基板（P）を露光する露光装置において、液体（LQ）を供給するための液体供給機構（10）と、投影光学系（PL）の像面側の気体を排出する排気手段（90、92）とを備え、排気手段（90、92）の排気口（98A、98B）は、液体供給機構（10）の液体供給口（13A、13B）よりも投影光学系（PL）による投影領域（AR1）の近くに配置され、液体供給機構（10）による液体供給は、排気手段（90、92）による気体の排出を行いながら開始されることを特徴とする。

【0011】

本発明によれば、投影光学系（PL）の投影領域（AR1）の近くに配置された排気口（98A、98B）を介して投影光学系（PL）の像面側の気体の排出を行いながら、液体供給機構（10）による液体（LQ）の供給を開始することにより、その排気口（98A、98B）近傍が負圧化されるので、供給された液体（LQ）は前記負圧化された負圧化領域に円滑に配置される。したがって、投影光学系（PL）の像面側に形成される液浸領域（AR2）に気体部分が生成される不都合を防止することができ、高い露光精度及び計測精度を得ることができる。

【0012】

本発明の露光装置（EX）は、投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して基板（P

）上に露光光（EL）を照射して、基板（P）を露光する露光装置において、液体（LQ）を供給するための液体供給機構（10）と、投影光学系（PL）の投影領域（AR1）に対して液体供給機構（10）の液体供給口（13A、13B）の外側に液体回収口（23A、23B）を有する第1液体回収機構（20）と、第1液体回収機構（20）とは別の駆動源（100B）を有し、投影光学系（PL）の投影領域（AR1）に対して第1液体回収機構（20）の液体回収口（23A、23B）の外側に補助の液体回収口（43A、43B）を有する第2液体回収機構（40）とを備えたことを特徴とする。

#### 【0013】

本発明によれば、第1液体回収機構（20）の液体回収口（23A、23B）で回収しきれなかった液体（LQ）は、第2液体回収機構（40）の補助の液体回収口（43A、43B）を介して回収されるので、液体（LQ）の流出を防止することができる。また、第1液体回収機構（20）を駆動する駆動源（100A）に異常が生じて、第2液体回収機構（40）は別の駆動源（100B）で駆動されるので、第2液体回収機構（40）で液体（LQ）を良好に回収することができ、液体（LQ）の流出を防止することができる。したがって、液体（LQ）の流出に起因する露光精度及び計測精度の劣化を防止することができる。

#### 【0014】

本発明の露光装置（EX）は、投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して基板（P）上に露光光（EL）を照射して、基板（P）を露光する露光装置（EX）において、液体（LQ）を供給するための液体供給機構（10）と、液体（LQ）を回収するための液体回収機構（20）と、基板（P）を保持する基板ステージ（PST）とを備え、液体供給機構（10）と液体回収機構（20）とによって基板ステージ（PST）上に局所的に液浸領域（AR2）を形成している状態で、基板ステージ（PST）を第1位置から第2位置へほぼ直線的に移動させるときに、第1位置と第2位置との間隔に応じて基板ステージ（PST）の移動速度を異ならせることを特徴とする。

#### 【0015】

本発明によれば、例えば第1位置と第2位置との間隔が長く、基板ステージ（PST）が長距離を移動するような場合、液体（LQ）が流出したり、液体（LQ）の枯渇や剥離などによって気体部分が生成されるなど、投影光学系（PL）の像面側に液体（LQ）を良好に保持しておくことが困難になる可能性があるが、そのような場合には基板ステージ（PST）の移動速度を遅くすることで、投影光学系（PL）の像面側に液体（LQ）を良好に保持することができる。したがって、液体（LQ）の流出や液浸領域における気体部分の生成を防止し、液体（LQ）の流出や気体部分の生成などに起因する露光精度及び計測精度の劣化を防止することができる。一方、第1位置と第2位置との間隔が短く、基板ステージ（PST）が長距離を移動しない場合、基板ステージ（PST）の移動速度を速くすることで、スループットを向上することができる。

ここで、「基板ステージ（PST）上の液浸領域（AR2）」とは、「基板ステージ（PST）に保持された基板（P）上の液浸領域（AR2）」も含む。

#### 【0016】

本発明の露光装置（EX）は、投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して基板（P）上に露光光（EL）を照射して、基板（P）を露光する露光装置において、液体（LQ）を供給するための液体供給機構（10）と、液体（LQ）を回収するための液体回収機構（20）と、基板（P）を保持する基板ステージ（PST）とを備え、液体供給機構（10）と液体回収機構（20）とによって基板ステージ（PST）上に局所的に液浸領域（AR2）を形成している状態で、基板ステージ（PST）を第1位置から第2位置へほぼ直線的に移動させるときに、第1位置から第2位置への基板ステージ（PST）の移動方向に応じて基板ステージ（PST）の移動速度を異ならせることを特徴とする。

#### 【0017】

本発明によれば、例えば液体（LQ）の供給口（13）及び回収口（23）の配置や大きさによっては、基板ステージ（PST）の移動方向によって投影光学系（PL）の像面

側に液体(LQ)を良好に保持できずにその液体(LQ)が流出したり、あるいは液浸領域(AR2)の液体(LQ)が枯渇したり剥離して気体部分が生成されるなどの不都合が生じる可能性があるが、基板ステージ(PST)の移動方向に応じて基板ステージ(PST)の移動速度を異ならせることで、液体(LQ)の流出や気体部分の生成などの不都合の発生を防止することができ、露光精度及び計測精度の劣化を防止することができる。例えば基板ステージ(PST)を液体回収力が弱い方向に移動させる場合などには、基板ステージ(PST)の移動速度を遅くすることで、投影光学系(PL)の像面側に液体(LQ)を良好に保持することができる。一方、例えば液体回収力や液体供給力が強い方向に基板ステージ(PST)を移動する場合には、基板ステージ(PST)の移動速度を速くすることで、スループットを向上することができる。

ここで、「基板ステージ(PST)上の液浸領域(AR2)」とは、「基板ステージ(PST)に保持された基板(P)上の液浸領域(AR2)」も含む。

#### 【0018】

本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光装置を用いることを特徴とする。

本発明によれば、液浸領域(AR2)を良好に形成して高い露光精度及び計測精度を得ることができるので、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0019】

本発明によれば、液浸領域を良好に形成して高い露光精度及び計測精度を得ることができる、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0020】

以下、本発明の露光装置について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図1において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Pを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターン像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTとを備えている。露光装置EX全体は、電力会社から供給される商用電源(第1駆動源)100Aからの電力によって駆動されるようになっている。

#### 【0021】

本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、基板P上に液体LQを供給する液体供給機構10と、基板P上の液体LQを回収する第1液体回収機構20及び第2液体回収機構40とを備えている。露光装置EXは、少なくともマスクMのパターン像を基板P上に転写している間、液体供給機構10から供給した液体LQにより投影光学系PLの投影領域AR1を含む基板P上の一部に、投影領域AR1よりも大きく且つ基板Pよりも小さい液浸領域AR2を局所的に形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系PLの像面側終端部の光学素子2と、その像面側に配置された基板P表面との間に液体LQを満たす局所液浸方式を採用し、この投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介してマスクMを通過した露光光ELを基板Pに照射することによってマスクMのパターンを基板Pに投影露光する。

#### 【0022】

また、後に詳述するように、露光装置EXは、液体供給機構10から供給された液体LQの圧力を調整する圧力調整機構90を備えている。圧力調整機構90は、液体供給機構10から供給された液体LQに更に液体LQを追加可能な圧力調整用液体供給部91と、液体LQの一部を回収可能な圧力調整用液体回収部92とを備えている。圧力調整機構90の動作は制御装置CONTにより制御される。

#### 【0023】

本実施形態では、露光装置 EX としてマスク M と基板 P とを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスク M に形成されたパターンを基板 P に露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系 PL の光軸 AX と一致する方向を Z 軸方向、Z 軸方向に垂直な平面内でマスク M と基板 P との同期移動方向（走査方向）を X 軸方向、Z 軸方向及び X 軸方向に垂直な方向（非走査方向）を Y 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸、及び Z 軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、 $\theta X$ 、 $\theta Y$ 、及び  $\theta Z$  方向とする。

#### 【0024】

照明光学系 IL は、マスクステージ MST に支持されているマスク M を露光光 EL で照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光 EL を集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光 EL によるマスク M 上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスク M 上の所定の照明領域は照明光学系 IL により均一な照度分布の露光光 EL で照明される。照明光学系 IL から射出される露光光 EL としては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g 線、h 線、i 線）及び KrF エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）や、ArF エキシマレーザ光（波長 193 nm）及び F<sub>2</sub> レーザ光（波長 157 nm）等の真空紫外光（VUV 光）などが用いられる。本実施形態においては ArF エキシマレーザ光が用いられる。

#### 【0025】

本実施形態において、液体 LQ には純水が用いられる。純水は ArF エキシマレーザ光のみならず、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g 線、h 線、i 線）及び KrF エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）も透過可能である。

#### 【0026】

マスクステージ MST は、マスク M を保持して移動可能であって、例えばマスク M を真空吸着（又は静電吸着）により固定している。マスクステージ MST は、リニアモータ等を含むマスクステージ駆動装置 MST D により、投影光学系 PL の光軸 AX に垂直な平面内、すなわち XY 平面内で 2 次元移動可能及び  $\theta Z$  方向に微小回転可能である。そして、マスクステージ MST は、X 軸方向に指定された走査速度で移動可能となっており、マスク M の全面が少なくとも投影光学系 PL の光軸 AX を横切ることができるだけの X 軸方向の移動ストロークを有している。

#### 【0027】

マスクステージ MST 上には移動鏡 31 が設けられている。また、移動鏡 31 に対向する位置にはレーザ干渉計 32 が設けられている。マスクステージ MST 上のマスク M の 2 次元方向の位置、及び  $\theta Z$  方向の回転角（場合によっては  $\theta X$ 、 $\theta Y$  方向の回転角も含む）はレーザ干渉計 32 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 CONT に出力される。制御装置 CONT は、レーザ干渉計 32 の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置 MST D を駆動することでマスクステージ MST に支持されているマスク M の位置を制御する。

#### 【0028】

投影光学系 PL は、マスク M のパターンを所定の投影倍率  $\beta$  で基板 P に投影露光するものであって、基板 P 側の先端部に設けられた光学素子（レンズ）2 を含む複数の光学素子で構成されており、これら光学素子 2 は鏡筒 PK で支持されている。本実施形態において、投影光学系 PL は、投影倍率  $\beta$  が例えば  $1/4$  あるいは  $1/5$  の縮小系である。なお、投影光学系 PL は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。

#### 【0029】

本実施形態の投影光学系 PL の先端部の光学素子 2 は鏡筒 PK より露出しており、液浸領域 AR 2 の液体 LQ が接触する。光学素子 2 は螢石で形成されている。螢石表面、あるいは MgF<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub> 等を付着させた表面は水との親和性が高いので、光学素子 2 の液体接触面 2A のほぼ全面に液体 LQ を密着させることができる。すなわち、本実施形態においては光学素子 2 の液体接触面 2A との親和性が高い液体（水）LQ を供

給するようにしているので、光学素子 2 の液体接触面 2 A と液体 L Q との密着性が高く、光学素子 2 と基板 P との間の光路を液体 L Q で確実に満たすことができる。なお、光学素子 2 は、水との親和性が高い石英であってもよい。また、光学素子 2 の液体接触面 2 A に親水化（親液化）処理を施して、液体 L Q との親和性をより高めるようにしてもよい。

#### 【0030】

基板ステージ P S T は、基板 P を保持して移動可能であって、X Y ステージ 5 1 と、X Y ステージ 5 1 上に搭載された Z チルトステージ 5 2 とを含んで構成されている。X Y ステージ 5 1 は、ステージベース S B の上面の上方に不図示の非接触ベアリングである気体軸受（エアベアリング）を介して非接触支持されている。X Y ステージ 5 1（基板ステージ P S T）はステージベース S B の上面に対して非接触支持された状態で、リニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置 P S T D により、投影光学系 P L の光軸 A X に垂直な平面内、すなわち X Y 平面内で 2 次元移動可能及び  $\theta$  Z 方向に微小回転可能である。この X Y ステージ 5 1 上に Z チルトステージ 5 2 が搭載され、Z チルトステージ 5 2 上に不図示の基板ホルダを介して基板 P が例えば真空吸着等により保持されている。Z チルトステージ 5 2 は、Z 軸方向、 $\theta$  X 方向、及び  $\theta$  Y 方向にも移動可能に設けられている。基板ステージ駆動装置 P S T D は制御装置 C O N T により制御される。

#### 【0031】

基板ステージ P S T（Z チルトステージ 5 2）上には移動鏡 3 3 が設けられている。また、移動鏡 3 3 に対向する位置にはレーザ干渉計 3 4 が設けられている。基板ステージ P S T 上の基板 P の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 3 4 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 3 4 の計測結果に基づいてリニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置 P S T D を駆動することで基板ステージ P S T に支持されている基板 P の位置決めを行う。

#### 【0032】

また、露光装置 E X は、基板ステージ P S T に支持されている基板 P の表面の位置を検出する後述するフォーカス・レベリング検出系（80）を備えている。フォーカス・レベリング検出系の受光結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はフォーカス・レベリング検出系の検出結果に基づいて、基板 P 表面の Z 軸方向の位置情報、及び基板 P の  $\theta$  X 及び  $\theta$  Y 方向の傾斜情報を検出することができる。Z チルトステージ 5 2 は、基板 P のフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板 P の表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 P L の像面に合わせ込み、X Y ステージ 5 1 は基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。なお、Z チルトステージと X Y ステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

#### 【0033】

基板ステージ P S T の近傍には、基板 P 上のアライメントマークあるいは基板ステージ P S T（Z チルトステージ 5 2）上に設けられた基準マーク（後述）を検出する基板アライメント系（不図示）が設けられている。また、マスクステージ M S T の近傍には、マスク M と投影光学系 P L とを介して基板ステージ P S T（Z チルトステージ 5 2）上の基準マークを検出するマスクアライメント系 360 が設けられている。マスクアライメント系 360 は、所謂 T T M（スルー・ザ・マスク）方式（あるいは T T R（スルー・ザ・レチクル）方式ともいう）のアライメント系を構成している。なお、基板アライメント系の構成としては、例えば特開平 4-65603 号公報に開示されているものを用いることができ、マスクアライメント系 360 の構成としては、例えば特開平 7-176468 号公報に開示されているものを用いることができる。

#### 【0034】

また、基板ステージ P S T（Z チルトステージ 5 2）上には、基板ステージ P S T に保持された基板 P を囲むようにプレート部材 56 が設けられている。プレート部材 56 は環状部材であって、基板 P の外側に配置されている。プレート部材 56 は、基板ステージ P S T に保持された基板 P の表面とほぼ同じ高さ（面一）の平坦面（平坦部）57 を有している。平坦面 57 は、基板ステージ P S T に保持された基板 P の外側の周囲に配置されて

いる。

#### 【0035】

プレート部材56は、例えばポリ四フッ化エチレン（テフロン（登録商標））などの撥液性を有する材料によって形成されている。そのため、平坦面57は撥液性を有する。なお、例えば所定の金属などでプレート部材56を形成し、その金属製のプレート部材56の少なくとも平坦面57に対して撥液処理を施すことで、平坦面57を撥液性にしてもよい。プレート部材56（平坦面57）の撥液処理としては、例えば、ポリ四フッ化エチレン等のフッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料、シリコン系樹脂材料等の撥液性材料を塗布、あるいは前記撥液性材料からなる薄膜を貼付する。また、表面処理のための膜は、単層膜であってもよいし複数の層からなる膜であってもよい。撥液性にするための撥液性材料としては液体LQに対して非溶解性の材料が用いられる。また、撥液性材料の塗布領域としては、プレート部材56の表面全域に対して塗布してもよいし、例えば平坦面57など撥液性を必要とする一部の領域のみにに対して塗布するようにしてもよい。

#### 【0036】

基板Pの周囲に、基板P表面とほぼ面一の平坦面57を有するプレート部材56を設けたので、基板Pのエッジ領域Eを液浸露光するときにおいても、基板Pのエッジ部の外側には段差部がほぼ無いので、投影光学系PLの下に液体LQを保持し、投影光学系PLの像面側に液浸領域AR2を良好に形成することができる。また、平坦面57を撥液性にするにより、液浸露光中における基板P外側（平坦面57外側）への液体LQの流出を抑え、また液浸露光後においても液体LQを円滑に回収できて、平坦面57上に液体LQが残留することを防止することができる。

#### 【0037】

液体供給機構10は、所定の液体LQを投影光学系PLの像面側に供給するためのものであって、液体LQを送出可能な液体供給部11と、液体供給部11にその一端部を接続する供給管12（12A、12B）とを備えている。液体供給部11は、液体LQを収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えている。基板P上に液浸領域AR2を形成する際、液体供給機構10は液体LQを基板P上に供給する。

#### 【0038】

第1液体回収機構20は、投影光学系PLの像面側の液体LQを回収するためのものであって、液体LQを回収可能な第1液体回収部21と、第1液体回収部21にその一端部を接続する回収管22（22A、22B）とを備えている。第1液体回収部21は例えば真空ポンプ等の真空系（吸引装置）、回収された液体LQと気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQを収容するタンク等を備えている。なお真空系として、露光装置EXに真空ポンプを設けずに、露光装置EXが配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。基板P上に液浸領域AR2を形成するために、第1液体回収機構20は液体供給機構10より供給された基板P上の液体LQを所定量回収する。

#### 【0039】

第2液体回収機構40は、投影光学系PLの像面側の液体LQを回収するためのものであって、液体LQを回収可能な第2液体回収部41と、第1液体回収部41にその一端部を接続する回収管42（42A、42B）とを備えている。第2液体回収部41は例えば真空ポンプ等の真空系（吸引装置）、回収された液体LQと気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQを収容するタンク等を備えている。なお真空系として、露光装置EXに真空ポンプを設けずに、露光装置EXが配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。

#### 【0040】

また、第2液体回収機構40は、第1液体回収機構20を含む露光装置EX全体の駆動源である商用電源100Aとは別の無停電電源（第2駆動源）100Bを有している。無停電電源100Bは、例えば商用電源100Aの停電時に、第2液体回収機構40の駆動部に対して電力（駆動力）を供給する。

#### 【0041】

Zチルトステージ52のうちプレート部材56の外側には、基板Pの外側に流出した液体LQを回収する第3液体回収機構60を構成する液体回収口61が設けられている。液体回収口61はプレート部材56を囲むように形成された環状の溝部であって、その内部にはスポンジ状部材や多孔質体等からなる液体吸収部材62が配置されている。液体吸収部材62は交換可能である。また、液体回収口61には基板ステージPST内部に形成された回収流路の一端部が接続され、その回収管の他端部は基板ステージPSTの外側に設けられた第3液体回収部（いずれも不図示）が接続されている。第3液体回収部は、第1、第2液体回収部同様、真空ポンプ等の真空系（吸引装置）、回収された液体LQと気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQを収容するタンク等を備えている。

#### 【0042】

第3液体回収機構60を設けたことにより、仮に液体LQが基板P及びプレート部材56の外側に流出したとしても、その流出した液体LQを回収することができ、流出した液体LQの気化による基板Pの置かれている環境変動等の不都合の発生を防止することができる。なお、第3液体回収機構60（第3液体回収部）に真空系を設けずに、液体吸収部材62で回収した液体LQを自重により基板ステージPSTの外側に垂れ流す構成であってもよい。更に、真空系を含む第3液体回収部を設けずに、基板ステージPST上に液体吸収部材62のみを配置しておき、液体LQを吸収した液体吸収部材62を定期的に（例えば1ロット毎に）交換する構成としてもよい。この場合、基板ステージPSTは液体LQにより重量変動するが、液体吸収部材62で回収した液体LQの重量に応じてステージ制御パラメータを変更することで、ステージ位置決め精度を維持できる。

#### 【0043】

投影光学系PLの終端部の光学素子2の近傍には流路形成部材70が配置されている。流路形成部材70は、基板P（基板ステージPST）の上方において光学素子2の周りを囲むように設けられた環状部材である。流路形成部材70は、例えばアルミニウム、チタン、ステンレス鋼、ジュラルミン、及びこれらを含む合金によって形成可能である。あるいは、流路形成部材70は、ガラス（石英）等の光透過性を有する透明部材（光学部材）によって構成されてもよい。

#### 【0044】

流路形成部材70は、基板P（基板ステージPST）の上方に設けられ、その基板P表面に対向するように配置された液体供給口13（13A、13B）を備えている。本実施形態において、流路形成部材70は2つの液体供給口13A、13Bを有している。液体供給口13A、13Bは流路形成部材70の下面70Aに設けられている。

#### 【0045】

また、流路形成部材70は、その内部に液体供給口13（13A、13B）に対応した供給流路14（14A、14B）を有している。供給流路14A、14Bの一端部は供給管12A、12Bを介して供給部11にそれぞれ接続され、他端部は液体供給口13A、13Bにそれぞれ接続されている。

#### 【0046】

供給管12A、12Bの途中には、液体供給部11から送出され、液体供給口13A、13Bのそれぞれに対する単位時間あたりの液体供給量を制御するマスフローコントローラと呼ばれる流量制御器16A、16Bがそれぞれ設けられている。流量制御器16（16A、16B）による液体供給量の制御は制御装置CONTの指令信号の下で行われる。

#### 【0047】

更に、流路形成部材70は、基板P（基板ステージPST）の上方に設けられ、その基板P表面に対向するように配置された液体回収口23を備えている。本実施形態において、流路形成部材70は2つの液体回収口23A、23Bを有している。液体回収口23A、23Bは流路形成部材70の下面70Aに設けられている。

#### 【0048】

また、流路形成部材70は、その内部に液体回収口23（23A、23B）に対応した回収流路24（24A、24B）を有している。回収流路24A、24Bの一端部は回収

管 22A、22B を介して第 1 液体回収部 21 にそれぞれ接続され、他端部は液体回収口 23A、23B にそれぞれ接続されている。

【0049】

更に、流路形成部材 70 は、基板 P（基板ステージ PST）の上方に設けられ、その基板 P 表面に対向するように配置された補助液体回収口 43 を備えている。本実施形態において、流路形成部材 70 は 2 つの補助液体回収口 43A、43B を有している。補助液体回収口 43A、43B は流路形成部材 70 の下面 70A に設けられている。

【0050】

また、流路形成部材 70 は、その内部に補助液体回収口 43（43A、43B）に対応した回収流路 44（44A、44B）を有している。回収流路 44A、44B の一端部は回収管 42A、42B を介して第 2 液体回収部 41 にそれぞれ接続され、他端部は補助液体回収口 43A、43B にそれぞれ接続されている。

【0051】

本実施形態において、流路形成部材 70 は、液体供給機構 10、第 1 液体回収機構 20、及び第 2 液体回収機構 40 それぞれの一部を構成している。そして、液体供給機構 10 を構成する液体供給口 13A、13B は、投影光学系 PL の投影領域 AR1 を挟んだ X 軸方向両側のそれぞれの位置に設けられており、第 1 液体回収機構 20 を構成する液体回収口 23A、23B は、投影光学系 PL の投影領域 AR1 に対して液体供給機構 10 の液体供給口 13A、13B の外側に設けられており、第 2 液体回収機構 40 を構成する補助液体回収口 43A、43B は、投影光学系 PL の投影領域 AR1 に対して第 1 液体回収機構 20 の液体回収口 23A、23B の外側に設けられている。

【0052】

液体供給部 11 及び流量制御器 16 の動作は制御装置 CONT により制御される。基板 P 上に液体 LQ を供給する際、制御装置 CONT は、液体供給部 11 より液体 LQ を送出し、供給管 12A、12B、及び供給流路 14A、14B を介して、基板 P の上方に設けられている液体供給口 13A、13B より基板 P 上に液体 LQ を供給する。このとき、液体供給口 13A、13B は投影光学系 PL の投影領域 AR1 の両側に配置されており、その液体供給口 13A、13B を介して、投影領域 AR1 の両側から液体 LQ を供給可能である。また、液体供給口 13A、13B のそれぞれから基板 P 上に供給される液体 LQ の単位時間あたりの量は、供給管 12A、12B のそれぞれに設けられた流量制御器 16A、16B により個別に制御可能である。

【0053】

第 1 液体回収部 21 の液体回収動作は制御装置 CONT により制御される。制御装置 CONT は、第 1 液体回収部 21 による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。基板 P の上方に設けられた液体回収口 23A、23B から回収された基板 P 上の液体 LQ は、流路形成部材 70 の回収流路 24A、24B、及び回収管 22A、22B を介して第 1 液体回収部 21 に回収される。

【0054】

第 2 液体回収部 41 の液体回収動作は制御装置 CONT により制御される。制御装置 CONT は、第 2 液体回収部 41 による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。基板 P の上方に設けられた補助液体回収口 43A、43B から回収された基板 P 上の液体 LQ は、流路形成部材 70 の回収流路 44A、44B、及び回収管 42A、42B を介して第 2 液体回収部 41 に回収される。また、第 2 液体回収機構 40 は無停電電源 100B により常時駆動している。例えば、商用電源 100A が停電した場合、第 2 液体回収機構 40 の第 2 液体回収部 41 は、無停電電源 100B より供給される電力で駆動される。この場合、第 2 液体回収部 41 を含む第 2 液体回収機構 40 の液体回収動作は、制御装置 CONT に制御されず、例えば第 2 液体回収機構 40 に内蔵された別の制御装置からの指令信号に基づいて制御される。あるいは、商用電源 100A の停電時においては、無停電電源 100B は、第 2 液体回収機構 40 に加えて制御装置 CONT にも電力を供給するようにしてもよい。この場合、その無停電電源 100B からの電力によって駆動される制御装置

CONTが、第2液体回収機構40の液体回収動作を制御するようにしてもよい。

#### 【0055】

なお、本実施形態において、供給管12A、12Bは1つの液体供給部11に接続されているが、供給管の数に対応した液体供給部11を複数（ここでは2つ）設け、供給管12A、12Bのそれぞれを前記複数の液体供給部11のそれぞれに接続するようにしてもよい。

また、回収管22A、22Bは、1つの液体回収部21に接続されているが、回収管の数に対応した第1液体回収部21を複数（ここでは2つ）設け、回収管22A、22Bのそれぞれを前記複数の第1液体回収部21のそれぞれに接続するようにしてもよい。

同様に、回収管42A、42Bは、1つの液体回収部41に接続されているが、回収管の数に対応した第2液体回収部41を複数（ここでは2つ）設け、回収管42A、42Bのそれぞれを前記複数の第2液体回収部41のそれぞれに接続するようにしてもよい。

#### 【0056】

投影光学系PLの光学素子2の液体接触面2A、及び流路形成部材70の下面（液体接触面）70Aは親液性（親水性）を有している。本実施形態においては、光学素子2及び流路形成部材70の液体接触面に対して親液処理が施されており、その親液処理によって光学素子2及び流路形成部材70の液体接触面が親液性となっている。換言すれば、基板ステージPSTに保持された基板Pの被露光面（表面）と対向する部材の表面のうち少なくとも液体接触面は親液性となっている。本実施形態における液体LQは極性の大きい水であるため、親液処理（親水処理）としては、例えばアルコールなど極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成することで、この光学素子2や流路形成部材70の液体接触面に親水性を付与する。すなわち、液体LQとして水を用いる場合にはOH基など極性の大きい分子構造を持ったものを前記液体接触面に設ける処理が望ましい。あるいは、MgF<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>などを前記液体接触面に設けてもよい。

#### 【0057】

なお、本実施形態においては、流路形成部材70の下面（基板P側を向く面）70Aはほぼ平坦面であるが、流路形成部材70の下面70Aのうち投影光学系PLに対して補助液体回収口43（43A、43B）より外側の領域に、XY平面に対して傾斜した面、具体的には投影領域AR1（液浸領域AR2）に対して外側に向かうにつれて基板Pの表面に対して離れるように（上に向かうように）傾斜する所定長さを有する傾斜面（トラップ面）を設けてもよい。こうすることにより、基板Pの移動に伴って投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQが流路形成部材70の下面70Aの外側に流出しようとしても、トラップ面で捕捉されるため、液体LQの流出を防止することができる。ここで、トラップ面に親液処理を施して親液性にすることで、基板Pの表面に塗布されている膜（フォトリソ等感光材膜や、反射防止膜あるいは液体から感光材を保護する膜等）は通常撥液性（撥水性）なので、補助液体回収口43の外側に流出した液体LQはトラップ面で捕捉される。

#### 【0058】

図2は基板ステージPST（Zチルトステージ52）を上方から見た平面図である。図2において、平面視矩形状のZチルトステージ52の互いに垂直な2つの縁部に移動鏡33が設けられている。また、Zチルトステージ52のほぼ中央部に、基板Pを保持するZチルトステージ52の一部を構成する基板ホルダが配置されている。基板Pの周囲には、基板Pの表面とほぼ同じ高さ（面一）の平坦面57を有するプレート部材56が設けられている。プレート部材56は環状部材であって、基板ホルダに保持された基板Pを囲むように配置されている。

#### 【0059】

また、Zチルトステージ52（基板ステージPST）上のうち、プレート部材56の外側の所定位置には、基準部材300が配置されている。基準部材300には、前記基板アライメント系により検出される基準マークPFMと、マスクアライメント系360により検出される基準マークMFMとが所定の位置関係で設けられている。また、基準部材30

0の上面301はほぼ平坦面となっており、フォーカス・レベリング検出系の基準面として使ってもよい。更に、基準部材300の上面301は基板P表面、プレート部材56の表面(平坦面)57とほぼ同じ高さ(面一)に設けられている。

#### 【0060】

また、Zチルトステージ52(基板ステージPST)上のうち、プレート部材56の外側の所定位置には、光学センサとして例えば特開昭57-117238号公報に開示されているような照度ムラセンサ400が配置されている。照度ムラセンサ400は平面視矩形状の上板402を備えている。上板402の上面401はほぼ平坦面となっており、基板P表面、プレート部材56の表面(平坦面)57とほぼ同じ高さ(面一)に設けられている。上板402の上面401には、光を通過可能なピンホール部403が設けられている。上面401のうち、ピンホール部403以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。

#### 【0061】

また、Zチルトステージ52(基板ステージPST)上のうち、プレート部材56の外側の所定位置には、光学センサとして例えば特開2002-14005号公報に開示されているような空間像計測センサ500が設けられている。空間像計測センサ500は平面視矩形状の上板502を備えている。上板502の上面501はほぼ平坦面となっており、フォーカス・レベリング検出系の基準面として使ってもよい。そして、上板502の上面501は基板P表面、プレート部材56の表面(平坦面)57とほぼ同じ高さ(面一)に設けられている。上板502の上面501には、光を通過可能なスリット部503が設けられている。上面501のうち、スリット部503以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。

#### 【0062】

また、不図示ではあるが、Zチルトステージ52(基板ステージPST)上には、例えば特開平11-16816号公報に開示されているような照射量センサ(照度センサ)も設けられており、その照射量センサの上板の上面は基板P表面やプレート部材56の表面(平坦面)57とほぼ同じ高さ(面一)に設けられている。

#### 【0063】

本実施形態における露光装置EXは、マスクMと基板PとをX軸方向(走査方向)に移動しながらマスクMのパターン像を基板Pに投影露光するものであって、走査露光時には、液浸領域AR2の液体LQ及び投影光学系PLを介してマスクMの一部のパターン像が投影領域AR1内に投影され、マスクMが-X方向(又は+X方向)に速度Vで移動するのに同期して、基板Pが投影領域AR1に対して+X方向(又は-X方向)に速度 $\beta \cdot V$ ( $\beta$ は投影倍率)で移動する。そして、図2に示すように、基板P上には複数のショット領域S1~S12が設定されており、1つのショット領域への露光終了後に、基板Pのステッピング移動によって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で基板Pを移動しながら各ショット領域に対する走査露光処理が順次行われる。なお本実施形態では、制御装置CONTは、投影光学系PLの光軸AXが図2の破線矢印58に沿って進むようにレーザ干渉計34の出力をモニタしつつXYステージ51を移動するものとする。

#### 【0064】

図2に示すように、投影光学系PLの投影領域AR1は、Y軸方向を長手方向とし、X軸方向を短手方向とした平面視矩形状に設定されている。なお、プレート部材56のうち円環状に形成されている平坦面57の幅は少なくとも投影領域AR1より大きく形成されていることが好ましい。これにより、基板Pのエッジ領域Eを露光するときにおいて、露光光ELはプレート部材56の外側に照射されない。更には、平坦面57の幅は、投影光学系PLの像面側に形成される液浸領域AR2よりも大きく形成されていることが好ましい。これにより、基板Pのエッジ領域Eを液浸露光するときに、液浸領域AR2はプレート部材56の平坦面57上に配置され、プレート部材56の外側には配置されないため、液浸領域AR2の液体LQがプレート部材56の外側に流出する等の不都合の発生を防止

することができる。

#### 【0065】

図3は流路形成部材70を示す概略斜視図である。図3に示すように、流路形成部材70は投影光学系PLの終端部の光学素子2の周りを囲むように設けられた環状部材であって、第1部材71と、第1部材71の上部に配置される第2部材72と、第2部材72の上部に配置される第3部材73と、第3部材73の上部に配置される第4部材74とを備えている。流路形成部材70を構成する第1～第4部材71～74のそれぞれは板状部材であって、その中央部に投影光学系PL（光学素子2）を配置可能な穴部71A～74Aを有している。

#### 【0066】

第1～第4部材71～74のそれぞれには、溝部や貫通穴が適宜形成されており、これら溝部や貫通穴を接続することで、第1～第4部材71～74からなる流路形成部材70の内部に、供給流路14及び回収流路24、44が形成される。

#### 【0067】

露光装置EXは、基板ステージPSTに保持されている基板P表面の面位置情報を検出するフォーカス・レベリング検出系80を備えている。フォーカス・レベリング検出系80は、所謂斜入射方式のフォーカス・レベリング検出系であって、液浸領域AR2の液体LQを介して基板Pに斜め方向から検出光Laを照射する投光部81と、基板Pで反射した検出光Laの反射光を受光する受光部82とを備えている。なお、フォーカス・レベリング検出系80の構成としては、例えば特開平8-37149号公報に開示されているものを用いることができる。

#### 【0068】

流路形成部材70のうち、-Y側及び+Y側の側面のそれぞれには、中央部側（投影光学系PL側）に向かって凹む凹部75、76がそれぞれ形成されている。一方の凹部75にはフォーカス・レベリング検出系80の投光部81から射出された検出光Laを透過可能な第1光学部材83が設けられ、他方の凹部76には基板P上で反射した検出光Laを透過可能な第2光学部材84が設けられている。第1光学部材83及び第2光学部材84はフォーカス・レベリング検出系80の光学系の一部を構成するとともに、流路形成部材70の一部を構成している。換言すれば、本実施形態においては、流路形成部材70の一部がフォーカス・レベリング検出系80の一部を兼ねている。

#### 【0069】

そして、第1光学部材83及び第2光学部材84を含む流路形成部材70は、投影光学系PL先端の光学素子2とは分離した状態で支持されている。

#### 【0070】

投光部81及び受光部82は投影光学系PLの投影領域AR1を挟んでその両側にそれぞれ設けられている。図3に示す例では、投光部81及び受光部82は投影領域AR1を挟んで±Y側のそれぞれにおいて投影領域AR1に対して離れた位置に設けられている。フォーカス・レベリング検出系80の投光部81は、基板P表面に投影光学系PLの光軸AXに対して所定の入射角 $\theta$ で検出光Laを照射する。投光部81から射出された検出光Laは、第1光学部材83を通過し、基板P上の液体LQを介して基板P上に斜め方向から入射角 $\theta$ で照射される。基板P上で反射した検出光Laの反射光は、第2光学部材84を通過した後、受光部82に受光される。ここで、フォーカス・レベリング検出系80の投光部81は、基板P上に複数の検出光Laを照射する。これにより、フォーカス・レベリング検出系80は、基板P上における例えばマトリクス状の複数の各点（各位置）での各フォーカス位置を求めることができ、求めた複数の各点でのフォーカス位置に基づいて、基板P表面のZ軸方向の位置情報、及び基板Pの $\theta$ X及び $\theta$ Y方向の傾斜情報を検出することができる。

#### 【0071】

制御装置CONTは、フォーカス・レベリング検出系80の検出結果に基づいて、基板ステージ駆動装置PSTDを介して基板ステージPSTのZチルトステージ52を駆動す

ることにより、Zチルトステージ52に保持されている基板PのZ軸方向における位置（フォーカス位置）、及び $\theta X$ 、 $\theta Y$ 方向における位置を制御する。すなわち、Zチルトステージ52は、フォーカス・レベリング検出系80の検出結果に基づく制御装置CONTからの指令に基づいて動作し、基板Pのフォーカス位置（Z位置）及び傾斜角を制御して、基板Pの表面（被露光面）をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系PL及び液体LQを介して形成される像面に対して最適な状態に合わせ込む。

#### 【0072】

また、図3に示すように、露光装置EXは、液体供給機構10から供給された液体LQの圧力を調整する圧力調整機構90を備えている。圧力調整機構90は、液体供給機構10から供給された液体LQに更に液体LQを追加可能な圧力調整用液体供給部91と、液体LQの一部を回収可能な圧力調整用液体回収部92とを備えている。

#### 【0073】

圧力調整用液体供給部91には供給管93（93A、93B）の一端部が接続されており、供給管93（93A、93B）の他端部は流路形成部材70の内部に形成されている供給流路94（94A、94B）に接続されている。圧力調整用液体供給部91は液体LQを収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えている。

#### 【0074】

供給管93Aの他端部は流路形成部材70の凹部75に配置されている。流路形成部材70の凹部75における側面に供給流路94Aの一端部が形成されており、この供給流路94Aの一端部に供給管93Aの他端部が接続されている。また、供給管93Bの他端部は流路形成部材70の凹部76に配置されている。流路形成部材70の凹部76における側面に供給流路94Bの一端部が形成されており、この供給流路94Bの一端部に供給管93Bの他端部が接続されている。

#### 【0075】

圧力調整用液体回収部92には、回収管95（95A、95B）の一端部が接続されており、回収管95（95A、95B）の他端部は流路形成部材70の内部に形成されている回収流路96（96A、96B）の一端部に接続されている。圧力調整用液体回収部92は、例えば真空ポンプ等の真空系（吸引装置）、回収された液体LQと気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQを収容するタンク等を備えている。なお真空系として、露光装置EXに真空ポンプを設けずに、露光装置EXが配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。

#### 【0076】

回収管95Aの他端部は流路形成部材70の凹部75に配置されている。流路形成部材70の凹部75における側面に回収流路96Aの一端部が形成されており、この回収流路96Aの一端部に回収管95Aの他端部が接続されている。また、回収管95Bの他端部は流路形成部材70の凹部76に配置されている。流路形成部材70の凹部76における側面に回収流路96Bの一端部が形成されており、この回収流路96Bの一端部に回収管95Bの他端部が接続されている。

#### 【0077】

図4は流路形成部材70を下面70A側から見た斜視図である。図4において、投影光学系PLの投影領域AR1はY軸方向（非走査方向）を長手方向とする矩形状に設定されている。液体LQが満たされた液浸領域AR2は、投影領域AR1を含むように実質的に2つの液体回収口23A、23Bで囲まれた領域内であって且つ基板P上の一部に局所的に形成される。なお、液浸領域AR2は少なくとも投影領域AR1を覆っていればよく、必ずしも2つの液体回収口23A、23Bで囲まれた領域全体が液浸領域にならなくてもよい。

#### 【0078】

液体供給口13A、13Bは、基板Pに対向する流路形成部材70の下面70Aにおいて、投影領域AR1に対して走査方向（X軸方向）両側のそれぞれに設けられている。具体的には、液体供給口13Aは、流路形成部材70の下面70Aのうち、投影領域AR1

に対して走査方向一方側（-X側）に設けられ、液体供給口13Bは他方側（+X側）に設けられている。つまり液体供給口13A、13Bは投影領域AR1の近くに設けられ、走査方向（X軸方向）に関して投影領域AR1を挟むようにその両側に設けられている。液体供給口13A、13Bのそれぞれは、Y軸方向に延びる平面視略コ字状（円弧状）のスリット状に形成されている。流路形成部材70の下面70AのうちY軸方向両側には第1、第2光学部材83、84が配置されており、液体供給口13A、13Bは、流路形成部材70の下面70Aのうち、第1、第2光学部材83、84が配置されている以外の領域に亘って形成されている。そして、液体供給口13A、13BのY軸方向における長さは少なくとも投影領域AR1のY軸方向における長さより長くなっている。液体供給口13A、13Bは、少なくとも投影領域AR1を囲むように設けられている。液体供給機構10は、液体供給口13A、13Bを介して投影領域AR1の両側で液体LQを同時に供給可能である。

#### 【0079】

液体回収口23A、23Bは、基板Pに対向する流路形成部材70の下面70Aにおいて、投影領域AR1に対して液体供給機構10の液体供給口13A、13Bの外側に設けられており、投影領域AR1に対して走査方向（X軸方向）両側のそれぞれに設けられている。具体的には、液体回収口23Aは、流路形成部材70の下面70Aのうち、投影領域AR1に対して走査方向一方側（-X側）に設けられ、液体回収口23Bは他方側（+X側）に設けられている。液体回収口23A、23Bのそれぞれは、Y軸方向に延びる平面視略コ字状（円弧状）のスリット状に形成されている。液体回収口23A、23Bは、流路形成部材70の下面70Aのうち、第1、第2光学部材83、84が配置されている以外の領域に亘って形成されている。そして、液体回収口23A、23Bは、液体供給口13A、13Bを囲むように設けられている。

#### 【0080】

補助液体回収口43A、43Bは、基板Pに対向する流路形成部材70の下面70Aにおいて、投影領域AR1に対して第1液体回収機構20の液体回収口23A、23Bの外側に設けられており、投影領域AR1に対して走査方向（X軸方向）両側のそれぞれに設けられている。具体的には、補助液体回収口43Aは、流路形成部材70の下面70Aのうち、投影領域AR1に対して走査方向一方側（-X側）に設けられ、補助液体回収口43Bは他方側（+X側）に設けられている。補助液体回収口43A、43Bのそれぞれは、Y軸方向に延びる平面視略コ字状（円弧状）のスリット状に形成されている。補助液体回収口43A、43Bは、流路形成部材70の下面70Aのうち、第1、第2光学部材83、84が配置されている以外の領域に亘って形成されている。そして、補助液体回収口43A、43Bは、液体供給口13A、13B及び液体回収口23A、23Bを囲むように設けられている。

#### 【0081】

なお、液体供給口13は投影領域AR1の両側のそれぞれに1つずつ設けられている構成であるが、複数に分割されていてもよく、その数は任意である。同様に、液体回収口23及び補助液体回収口43のそれぞれも複数に分割されていてもよい。

#### 【0082】

また、投影領域AR1の両側に設けられた液体供給口13のそれぞれは互いにほぼ同じ大きさ（長さ）に形成されているが、互いに異なる大きさであってもよい。同様に、投影領域AR1の両側に設けられた液体回収口23のそれぞれが互いに異なる大きさであってもよいし、投影領域AR1の両側に設けられた補助液体回収口43のそれぞれが互いに異なる大きさであってもよい。

#### 【0083】

また、供給口13のスリット幅と回収口23、43のスリット幅とは同じであってもよいし、回収口23、43のスリット幅を、供給口13のスリット幅より大きくしてもよいし、逆に回収口23、43のスリット幅を、供給口13のスリット幅より小さくしてもよい。

## 【0084】

また、流路形成部材70（第4部材74）の下面70AにはY軸方向を長手方向とする凹部78が形成されている。凹部78によって形成されたYZ平面にほぼ平行な内壁面78Aには、液体LQの圧力を検出する圧力センサ120が設けられている。圧力センサ120は、投影光学系PLの光学素子2の下面2A及び流路形成部材70の下面70Aと基板Pとの間に形成された液浸領域AR2の液体LQの圧力を検出可能であって、その検出結果を制御装置CONTに出力する。なお、圧力センサ120の設置位置としては、液浸領域AR2の液体LQの流れに影響を及ぼさず、液浸領域AR2の液体LQに接触可能な位置（液体LQの圧力検出可能な位置）であればよい。そして、流路形成部材70の下面70Aのうち、凹部78の長手方向ほぼ中央部に、投影光学系PLの先端部の光学素子2が露出している。

## 【0085】

流路形成部材70の下面70Aにおいて、投影光学系PLの投影領域AR1に対して非走査方向（Y軸方向）両側のそれぞれには、圧力調整用液体回収口（圧力調整用回収口）98A、98Bが設けられている。圧力調整用回収口98A、98Bは、流路形成部材70の内部に形成されている回収流路96A、96Bの他端部のそれぞれに接続されている。そして、圧力調整用回収口98A、98Bのそれぞれは、回収流路96A、96B、及び回収管95A、95Bを介して圧力調整用液体回収部92に接続されている。圧力調整用液体回収部92が駆動されることにより、圧力調整用回収口98A、98Bを介して液体LQを回収することができる。

## 【0086】

圧力調整用回収口98Aは、流路形成部材70の下面70Aに形成された凹部78のうち、投影領域AR1に対して非走査方向一方側（-Y側）に設けられ、圧力調整用回収口98Bは、他方側（+Y側）に設けられている。そして、圧力調整用回収口98A、98Bは投影光学系PLによる投影領域AR1の近くに設けられ、投影光学系PLの投影領域AR1に対して液体供給機構10の液体供給口13A、13Bよりも近くに配置されている。

## 【0087】

また、圧力調整用液体回収部92は真空系を有しており、投影光学系PLの像面側の光学素子2の近傍に配置されている圧力調整用回収口98A、98Bを介して、投影光学系PLの像面側の気体を排出する（負圧化する）ことができる。すなわち、圧力調整用液体回収部92及び圧力調整用回収口98A、98Bを含む圧力調整機構90は、投影光学系PLの像面側の気体を排出する排出手段としての機能を有している。なお、圧力調整機構90とは別に、排気機構を設けてもよい。

## 【0088】

流路形成部材70の下面70Aにおいて、投影光学系PLの投影領域AR1に対して非走査方向（Y軸方向）両側のそれぞれには、圧力調整用液体供給口（圧力調整用供給口）97A、97Bが設けられている。圧力調整用供給口97A、97Bは、流路形成部材70の内部に形成されている供給流路94A、94Bの他端部のそれぞれに接続されている。そして、圧力調整用供給口97A、97Bのそれぞれは、供給流路94A、94B、及び供給管93A、93Bを介して圧力調整用液体供給部91に接続されている。圧力調整用液体供給部91が駆動されることにより、圧力調整用供給口97A、97Bを介して液体LQを供給することができる。

## 【0089】

圧力調整用供給口97Aは、流路形成部材70の下面70Aに形成された凹部78のうち、投影領域AR1に対して非走査方向一方側（-Y側）に設けられ、圧力調整用供給口97Bは、他方側（+Y側）に設けられている。そして、圧力調整用供給口97A、97Bは投影光学系PLによる投影領域AR1の近くに設けられ、投影光学系PLの投影領域AR1に対して液体供給機構10の液体供給口13A、13Bよりも近くに配置されている。

## 【0090】

そして、液体供給口13A、13Bは、投影領域AR1、圧力調整用供給口97（97A、97B）、及び圧力調整用回収口98（98A、98B）を囲むように設けられている。

## 【0091】

なお、本実施形態においては、圧力調整用供給口97A、97Bは、投影光学系PLの投影領域AR1に対して圧力調整用回収口98A、98Bの外側に設けられているが、内側に設けられてもよいし、圧力調整用供給口97A、97Bと圧力調整用回収口98A、98Bとが近接して設けられていてもよい。あるいは、例えば圧力調整用供給口97A、97BをX軸方向（又はY軸方向）に関して投影領域AR1の両側のそれぞれに設け、圧力調整用回収口98A、98BをY軸方向（又はX軸方向）に関して投影領域AR1の両側のそれぞれに設けてもよい。この場合、投影領域AR1に対する圧力調整用供給口97A、97Bの距離と、投影領域AR1に対する圧力調整用回収口98A、98Bの距離とは、異なってもよいし、ほぼ等しくてもよい。

## 【0092】

図5は図3のA-A断面矢視図、図6は図3のB-B断面矢視図である。図5に示すように、供給流路14A、14Bのそれぞれは、その一端部を供給管12A、12Bに接続しており、他端部を液体供給口13A、13Bに接続している。また、供給流路14A、14Bのそれぞれは、水平流路部14hと鉛直流路部14sとを有している。液体供給部11より供給管12A、12Bを介して供給された液体LQは、供給流路14A、14Bに流入し、水平流路部14hをほぼ水平方向（XY平面方向）に流れた後、ほぼ直角に曲げられて鉛直流路部14sを鉛直方向（-Z方向）に流れ、液体供給口13A、13Bより基板Pの上方より基板P上に供給される。

## 【0093】

回収流路24A、24Bのそれぞれは、その一端部を回収管22A、22Bに接続しており、他端部を液体回収口23A、23Bに接続している。また、回収流路24A、24Bのそれぞれは、水平流路部24hと鉛直流路部24sとを有している。真空系を有する第1液体回収部21の駆動により、基板P上の液体LQは、その基板Pの上方に設けられている液体回収口23A、23Bを介して回収流路24A、24bに鉛直上向き（+Z方向）に流入し、鉛直流路部24sを流れる。このとき、液体回収口23A、23Bからは、基板P上の液体LQとともにその周囲の気体（空気）も流入（回収）される。回収流路24A、24Bに+Z方向に流入した液体LQは、ほぼ水平方向に流れの向きを変えられた後、水平流路部24hをほぼ水平方向に流れる。その後、回収管22A、22Bを介して第1液体回収部21に吸引回収される。

## 【0094】

回収流路44A、44Bのそれぞれは、その一端部を回収管42A、42Bに接続しており、他端部を補助液体回収口43A、43Bに接続している。また、回収流路44A、44Bのそれぞれは、水平流路部44hと鉛直流路部44sとを有している。真空系を有する第2液体回収部41の駆動により、基板P上の液体LQは、補助液体回収口43A、43Bを介して回収流路44A、44bに鉛直上向き（+Z方向）に流入し、鉛直流路部44sを流れる。このとき、補助液体回収口43A、43Bからは、基板P上の液体LQとともにその周囲の気体（空気）も流入（回収）される。回収流路44A、44Bに+Z方向に流入した液体LQは、ほぼ水平方向に流れの向きを変えられた後、水平流路部44hをほぼ水平方向に流れる。その後、回収管42A、42Bを介して第2液体回収部41に吸引回収される。

## 【0095】

流路形成部材70と投影光学系PLの光学素子2との間には間隙部Gが設けられている。間隙部Gは、投影光学系PLの光学素子2と流路形成部材70とを振動的に分離するために設けられたものである。また、流路形成部材70を含む液体供給機構10、第1液体回収機構20、及び第2液体回収機構40と、投影光学系PLとはそれぞれ別の支持機構

で支持されており、振動的に分離されている。これにより、流路形成部材 70 を含む液体供給機構 10、第 1 液体回収機構 20、及び第 2 液体回収機構 40 で発生した振動が、投影光学系 PL 側に伝達することを防止している。

#### 【0096】

また、間隙部 G を形成する流路形成部材 70 の内側面 70 T、及び光学素子 2 の側面 2 T のそれぞれは撥液性となっている。具体的には、内側面 70 T 及び側面 2 T のそれぞれは、撥液処理を施されることによって撥液性を有している。撥液処理としては、フッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料、シリコン系樹脂材料等の撥液性材料を塗布、あるいは前記撥液性材料からなる薄膜を貼付する。また、表面処理のための膜は、単層膜であってもよいし複数の層からなる膜であってもよい。一方、上述したように、投影光学系 PL の光学素子 2 の液体接触面 2 A、及び第 1、第 2 光学部材 83、84 の下面を含む流路形成部材 70 の下面（液体接触面）70 A は親液性（親水性）を有している。

#### 【0097】

流路形成部材 70 の下面 70 A のうち、投影領域 AR1 に対して液体供給口 13 A、13 B の外側には溝部 130 が形成されている。液体回収口 23 A、23 B は、流路形成部材 70 の下面 70 A のうち溝部 130 の内部に形成されている。溝部 130 は、流路形成部材 70 の下面 70 A において液体回収口 23 に沿うように形成されているとともに、第 1、第 2 光学部材 83、84 の下面においても連続して形成されており、投影領域 AR1 を囲むように環状に形成されている。また、投影領域 AR1 に対して溝部 130 の外側には環状の壁部 131 が形成されている。壁部 131 は基板 P 側に突出する凸部である。本実施形態において、壁部 131 の下面 131 A と基板 P との距離は、投影光学系 PL の光学素子 2 の下面 2 A と基板 P との距離 D とほぼ同じである。壁部 131 は、溝部 130 を含む壁部 131 の内側の領域の少なくとも一部に液体 LQ を保持可能である。

#### 【0098】

図 7 は液体供給口 13 A、13 B、液体回収口 23 A、23 B、溝部 130、及び壁部 131 の位置関係を示す平面図である。液体供給口 13 A、13 B から供給された液体 LQ は、投影光学系 PL の光学素子 2 と基板 P との間に液浸領域 AR2 を形成するとともに、壁部 131 の内側の領域である溝部 130 の一部を満たし、予備液浸領域 AR3 を形成する。なお、溝部 130 の全てが常に液体 LQ で満たされるわけではなく、その一部が液体 LQ で満たされて、予備液浸領域 AR3 が形成される。このように、液体回収口 23 A、23 B の外側に壁部 131 を設けて液体回収口 23 A、23 B を含むように溝部（バッファ部）130 を形成したことにより、液浸領域 AR2 の外側に液体 LQ を保持する予備液浸領域 AR3 が形成される。ここで、液浸領域 AR2 の液体 LQ と予備液浸領域 AR3 の液体 LQ とは密接しており、液体 LQ は液浸領域 AR2 と予備液浸領域 AR3 との間を行き来（流通）可能である。光学素子 2 等と同様、壁部 131 及び溝部 130 の表面は親液性であるので、液浸領域 AR2 の液体 LQ と予備液浸領域 AR3 の液体 LQ とは分離することなく連続する。

#### 【0099】

液体供給機構 10 から基板 P 上に供給された液体 LQ は、投影光学系 PL の光学素子 2 A と基板 P との間を液体 LQ で満たして投影領域 AR1 を覆うように液浸領域 AR2 を形成する。更に、液浸領域 AR2 が形成された後も、液体 LQ が供給され続けることにより、液浸領域 AR2 の外側領域の一部にも液体 LQ が満たされて予備液浸領域 AR3 が形成される。そして、液浸領域 AR2 及び予備液浸領域 AR3 を形成した後、第 1 液体回収機構 20 を駆動し、液体 LQ の供給量と回収量とが略同一あるいは供給量が回収量をやや上回る程度に設定し、その状態を維持する。このようにして、露光開始時には、例えば、液浸領域 AR2 を形成する液体 LQ の約 10～20% 程度以上と同量の液体 LQ で予備液浸領域 AR3 が形成される。

#### 【0100】

図 8 は走査露光時における予備液浸領域 AR3 の挙動を示す模式図である。上述したように、基板 P の走査露光時には、投影光学系 PL に対して基板 P が XY 方向に移動する。

投影光学系 P L の光学素子 2 の下面 2 A、すなわち液浸領域 A R 2 の液体 L Q は、基板 P の移動に引きずられて、基板 P の移動方向に沿う方向に移動する。特に走査露光時には、基板 P が高速移動（例えば、400 mm/秒程度）するので、液体 L Q の移動量が大きくなる。この場合、液体 L Q が基板 P とともに移動すると、投影光学系 P L の下面 2 A の一部（基板 P の移動方向の後方側）において、液体 L Q の剥離が発生して液浸領域 A R 2 が良好に形成されず、露光精度の劣化を引き起こす可能性がある。ところが、液浸領域 A R 2 の外側に更に予備液浸領域 A R 3 を設けることで、基板 P が移動すると、液浸領域 A R 2 の液体 L Q が基板 P の移動方向前方側の予備液浸領域 A R 3 に流れ込む。それと同時に、基板 P の移動方向後方側の予備液浸領域 A R 3 の液体 L Q が液浸領域 A R 2 に流れ込む。すなわち、予備液浸領域 A R 3 が液浸領域 A R 2 の予備タンクとして機能し、基板 P の移動に伴って、液浸領域 A R 2 から溢れた液体 L Q を回収し、一方では液浸領域 A R 2 に向けて液体 L Q を供給する。これにより、液体 L Q の流出を防止するとともに、液浸領域 A R 2 の液体 L Q の不足を補い、常に液浸領域 A R 2 を液体 L Q で満たすことができる。そして、予備液浸領域 A R 3 が形成される領域、すなわち壁部 131 に囲まれた領域は、全領域が完全に液体 L Q で満たされないので、液浸領域 A R 2 から予備液浸領域 A R 3 に回収された液体 L Q が壁部 131 の外側に漏れだすことなく、壁部 131 に囲まれた領域内に留まることができる。

#### 【0101】

また、基板 P の移動方向が反転した場合等には、予備液浸領域 A R 3 に回収された液体 L Q が液浸領域 A R 2 に戻され、一方、液浸領域 A R 2 の液体 L Q が予備液浸領域 A R 3 に戻されるように移動する。また、基板 P が非走査方向に往復移動する場合や、走査方向の移動と非走査方向の移動を繰り返すような場合であっても、同様に液体 L Q は、液浸領域 A R 2 と予備液浸領域 A R 3 との間で行き来して、常に液浸領域 A R 2 を液体 L Q で満たすことができる。

#### 【0102】

なおここでは、壁部 131 の下面 131 A と基板 P との距離は、投影光学系 P L の光学素子 2 の下面 2 A と基板 P との距離 D とほぼ同じであるが、異なってもよい。例えば、壁部 131 の下面 131 A と基板 P との距離を、光学素子 2 の下面 2 A と基板 P との距離 D よりも小さくするようにしてもよいし、その逆の関係にしてもよい。なお、壁部 131 の下面 131 A と基板 P との距離は、できるだけ近い（狭い）方が好ましい。距離が近いほど液体 L Q の表面張力により液体 L Q を確実に保持でき、外側への液体 L Q の流出を防止することができる。一方、壁部 131 の下面 131 A と基板 P との距離が近いほど、基板 P などと干渉する不都合が発生する可能性が高くなるので、本実施形態のように、壁部 131 の下面 131 A が投影光学系 P L の光学素子 2 の下面 2 A とほぼ同じ位置（Z 方向）となるように形成することにより、上記不都合の発生を回避できる。

#### 【0103】

同様に、図 5 や図 6 に示したように、流路形成部材 70 の下面 70 A において、投影領域 A R 1 に対して壁部 131 の外側には第 2 壁部 132 及び第 3 壁部 133 が形成されており、第 2 壁部 132 及び第 3 壁部 133 の間に形成された溝部 134 に、補助液体回収部 43 A、43 B が設けられている。これら第 2、第 3 壁部 132、133 によって、基板 P の外側への液体 L Q の流出を更に確実に防止することができる。

#### 【0104】

図 6 に示すように、流路形成部材 70 の下面 70 A には凹部 78 が形成されており、凹部 78 における下面 70 A は、投影光学系 P L の光学素子 2 の液体接触面 2 A、及び第 1、第 2 光学部材 83、84 の下面より高く（基板 P に対して遠く）なっている。つまり、流路形成部材 70 の凹部 78 における下面と第 1、第 2 光学部材 83、84 との間に段差部が形成されているとともに、流路形成部材 70 の凹部 78 における下面と光学素子 2 の液体接触面 2 A との間にも段差部が形成されている。流路形成部材 70 の下面 70 A に凹部 78 を設けない構成の場合、すなわち流路形成部材 70 の下面 70 A と光学素子 2 の下面（液体接触面）2 A と第 1、第 2 光学部材 83、84 の下面とが面一の場合、フォーカ

ス・レベリング検出系 80 の検出光  $L_a$  を所定の入射角  $\theta$  で基板 P の所望領域（この場合、投影領域 AR1）に照射しようとする、検出光  $L_a$  の光路上に例えば流路形成部材 70 が配置されて検出光  $L_a$  の照射が妨げられたり、あるいは検出光  $L_a$  の光路を確保するために入射角  $\theta$  や投影光学系 PL の光学素子 2 の下面（液体接触面）2A と基板 P 表面との距離（ワーキングディスタンス）D を変更しなければならないなどの不都合が生じる。しかしながら、流路形成部材 70 の下面 70A のうち、フォーカス・レベリング検出系 80 を構成する第 1、第 2 光学部材 83、84 に連続するように凹部 78 を設けたことにより、投影光学系 PL の光学素子 2 の下面（液体接触面）2A と基板 P 表面との距離 D を所望の値に保ちつつ、フォーカス・レベリング検出系 80 の検出光  $L_a$  の光路を確保して基板 P 上の所望領域に検出光  $L_a$  を照射することができる。

#### 【0105】

図 9 は第 1～第 4 部材 71～74 によって形成される流路形成部材 70 のうち第 4 部材 74 を除いた状態を示す斜視図である。図 9 に示すように、第 3 部材 73 のうち投影光学系 PL の -X 側及び +X 側のそれぞれには、供給流路 14A のうち鉛直流路 14s を形成する貫通穴であるスリット部が形成されている。また、不図示ではあるが、第 2 部材 72 には第 3 部材 73 と接続したときに前記スリット部と接続されるスリット部が形成されており、第 1 部材 71 にも同様のスリット部が形成されている。そして、第 1～第 3 部材 71～73 を接続して前記スリット部どうしを接続することにより、鉛直流路 14s が形成される。また、第 3 部材 73 の上面には、供給管 12A、12B のそれぞれと鉛直流路部 14s とを接続する水平流路部 14h を形成するテーパ状溝部が形成されている。水平流路部 14h を形成するテーパ状溝部は、供給管 12A、12B に対する接続部から鉛直流路部 14s に向かって水平方向に漸次広がるように形成されている。このように、水平流路部 14h をテーパ状に形成することで、液体供給部 11 から供給管 12A、12B を介して供給された液体 LQ は水平流路部 14h において Y 軸方向に十分に拡がった後、垂直流路部 14s を介して基板 P 上に供給されるため、基板 P 上の広い領域に同時に液体 LQ を供給することができる。

#### 【0106】

図 10 は第 1～第 4 部材 71～74 によって形成される流路形成部材 70 のうち第 1、第 2 部材 71、72 を除いた状態を下面 70A 側から見た斜視図である。図 10 に示すように、第 3 部材 73 のうち投影光学系 PL の -X 側及び +X 側のそれぞれには、回収流路 24A のうち鉛直流路 24s を形成する貫通穴であるスリット部が形成されている。また、不図示ではあるが、第 2 部材 72 には第 3 部材 73 と接続したときに前記スリット部と接続されるスリット部が形成されており、第 1 部材 71 にも同様のスリット部が形成されている。そして、第 1～第 3 部材 71～73 を接続して前記スリット部どうしを接続することにより、鉛直流路 24s が形成される。また、第 3 部材 73 の下面には、回収管 22A、22B のそれぞれと鉛直流路部 24s とを接続する水平流路部 24h を形成するテーパ状溝部が形成されている。水平流路部 24h を形成するテーパ状溝部は、鉛直流路部 24s から回収管 22A、22B に対する接続部に向かって水平方向に漸次窄まるように形成されている。このように、水平流路部 24h をテーパ状に形成することで、Y 軸方向を長手方向とする液体回収口 23A、23B での液体回収力分布が均一化され、基板 P 上の広い領域の液体 LQ を液体回収口 23A、23B を介して同時に回収することができる。

#### 【0107】

次に、上述した構成を有する露光装置 EX を用いてマスク M のパターン像を基板 P に露光する方法について図 11 に示す模式図を参照しながら説明する。

マスク M がマスクステージ MST にロードされるとともに、基板 P が基板ステージ PST にロードされた後、基板 P の走査露光処理を行うに際し、制御装置 CONT は液体供給機構 10 を駆動し、基板 P 上に対する液体供給動作を開始する。液浸領域 AR2 を形成するために液体供給機構 10 の液体供給部 11 から供給された液体 LQ は、図 11 (a) に示すように、供給管 12A、12B を流通した後、供給流路 14A、14B を介して液体供給口 13A、13B より基板 P 上に供給される。

## 【0108】

制御装置CONTは、液体供給機構10を使って基板P上に対する液体LQの供給を開始するときに、圧力調整機構90のうち、真空系を有する圧力調整用液体回収部92を駆動する。真空系を有する圧力調整用液体回収部92が駆動されることにより、投影光学系PLの像面側の光学素子2近傍に設けられている圧力調整用回収口98A、98Bを介して、投影光学系PLの像面側近傍の空間の気体が排出され、その空間が負圧化される。このように、制御装置CONTは、圧力調整機構90の圧力調整用液体回収部92を駆動し、液体供給機構10の液体供給口13A、13Bよりも投影光学系PLによる投影領域AR1の近くに配置された圧力調整用回収口98A、98Bを介して、投影光学系PLの像面側の気体の排出を行いながら、液浸領域AR2を形成するための液体供給機構10による液体供給を開始する。

## 【0109】

投影光学系PLの投影領域AR1の近くに配置された圧力調整用回収口98A、98Bを介して投影光学系PLの像面側の気体の排出を行いながら、液体供給機構10による液体LQの供給を行うことにより、その圧力調整用回収口98A、98B近傍が負圧化されるので、供給された液体LQはその負圧化された負圧化領域(空間)に円滑に配置される。圧力調整用回収口98A、98Bは液体供給口13A、13Bより投影領域AR1の近くに設けられているので、投影領域AR1を液体LQで良好に覆うことができる。

## 【0110】

特に、本実施形態においては、投影光学系PLの像面側には流路形成部材70の凹部78が形成されているため、液浸領域AR2を形成するために液体LQを供給した際、供給した液体LQが凹部78に入り込まず、液浸領域AR2の液体LQ中に気泡などの気体部分が生成される可能性が高くなる。気体部分が生成されると、その気体部分によって、基板P上にパターン像を形成するための露光光ELが基板P上に到達しない、あるいは基板P上にパターン像を形成するための露光光ELが基板P上の所望の位置に到達しない、あるいは例えばフォーカス・レベリング検出系80の検出光Laが基板P上や受光部82に到達しない、あるいは検出光Laが基板P上の所望の位置に到達しないなどの現象が生じ、露光精度及び計測精度の劣化を招く。ところが、投影光学系PLの像面側の気体を排出しながら液体供給機構10による液体供給を開始することで、前記凹部78に液体LQを円滑に配置することができる。したがって、投影光学系PLの像面側に形成される液浸領域AR2に気体部分が生成される不都合を防止することができ、高い露光精度及び計測精度を得ることができる。特に本実施形態では、排気手段の排気口を構成する圧力調整用回収口98A、98Bを凹部78の内側に設けたので、液体LQをより円滑に凹部78に配置することができる。

## 【0111】

そして、基板P上に供給された液体LQによって、投影光学系PLと基板Pとの間に液浸領域AR2が形成される。ここで、供給管12A、12Bを流通した液体LQはスリット状に形成された供給流路14A、14B及び液体供給口13A、13Bの幅方向に拡がり、基板P上の広い範囲に供給される。液体供給口13A、13Bから基板P上に供給された液体LQは、投影光学系PLの先端部(光学素子2)の下端面と基板Pとの間に濡れ拡がるように供給され、投影領域AR1を含む基板P上の一部に、基板Pよりも小さく且つ投影領域AR1よりも大きい液浸領域AR2を局所的に形成する。このとき、制御装置CONTは、液体供給機構10のうち投影領域AR1のX軸方向(走査方向)両側に配置された液体供給口13A、13Bのそれぞれより、投影領域AR1の両側から基板P上への液体LQの供給を同時に行う。

## 【0112】

また、制御装置CONTは、液体供給機構10の駆動と並行して、第1液体回収機構20の第1液体回収部21を駆動し、基板P上の液体LQの回収を行う。そして、制御装置CONTは、上述したように、液体供給機構10及び第1液体回収機構20の駆動を制御して、液浸領域AR2とともに予備液浸領域AR3も形成する。

## 【0113】

液浸領域AR2が形成された後、制御装置CONTは、圧力調整機構90の圧力調整用液体回収部92による投影光学系PLの像面側の気体排出動作を停止する。

## 【0114】

制御装置CONTは、液体供給機構10による基板P上に対する液体LQの供給と並行して、第1液体回収機構20による基板P上の液体LQの回収を行いつつ、基板Pを支持する基板ステージPSTをX軸方向（走査方向）に移動しながら、マスクMのパターン像を投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介して基板P上に投影露光する。このとき、液体供給機構10は走査方向に関して投影領域AR1の両側から液体供給口13A、13Bを介して液体LQの供給を同時に行っているため、液浸領域AR2は均一且つ良好に形成されている。

## 【0115】

本実施形態において、投影領域AR1の走査方向両側から基板Pに対して液体LQを供給する際、制御装置CONTは、液体供給機構10の流量制御器16A、16Bを使って単位時間あたりの液体供給量を調整し、基板P上の1つのショット領域の走査露光中に、走査方向に関して投影領域AR1の一方側から供給する液体量（単位時間あたりの液体供給量）を、他方側から供給する液体量と異ならせる。具体的には、制御装置CONTは、走査方向に関して投影領域AR1の手前から供給する単位時間あたりの液体供給量を、その反対側で供給する液体供給量よりも多く設定する。

## 【0116】

例えば、基板Pを+X方向に移動しつつ露光処理する場合、制御装置CONTは、投影領域AR1に対して-X側（すなわち液体供給口13A）からの液体量を、+X側（すなわち液体供給口13B）からの液体量より多くし、一方、基板Pを-X方向に移動しつつ露光処理する場合、投影領域AR1に対して+X側からの液体量を、-X側からの液体量より多くする。このように、制御装置CONTは、基板Pの移動方向に応じて、液体供給口13A、13Bからのそれぞれの単位時間あたりの液体供給量を変える。

## 【0117】

基板Pを液浸露光中、液浸領域AR2の液体LQの圧力は圧力センサ120により常時モニタされている。圧力センサ120の検出結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTは、基板Pの液浸露光中に、圧力センサ120の検出結果に基づいて、液体供給機構10から基板P上に供給された液体LQの圧力を圧力調整機構90を使って調整する。

## 【0118】

制御装置CONTは、圧力調整機構90の圧力調整用液体供給部91及び圧力調整用液体回収部92を使って基板P上に対する液体LQの追加、又は基板P上の液体LQの一部回収を行うことによって、液体LQが基板Pに及ぼす力を低減するように液体LQの圧力を調整する。

## 【0119】

例えば、圧力センサ120の検出結果に基づいて、液浸領域AR2の液体LQの圧力が予め設定されている所定値に対して低いと判断したとき、あるいは液浸領域AR2の圧力が液浸領域AR2の外の圧力（大気圧）より低い（負圧である）と判断したとき、制御装置CONTは、液体LQが基板Pに及ぼす力を低減するように、つまりその液体LQの圧力が所定値になるように、圧力調整用液体供給部91を駆動し、図11（b）に示すように、圧力調整用供給口97A、97Bを介して、液浸領域AR2の液体LQに更に液体LQを追加する。液体LQが追加されることにより、液浸領域AR2の液体LQの圧力が上昇して前記所定値となる。これにより、液体LQが基板Pに及ぼす力が低減される。

## 【0120】

逆に、圧力センサ120の検出結果に基づいて、液浸領域AR2の液体LQの圧力が予め設定されている所定値に対して高いと判断したとき、あるいは液浸領域AR2の圧力が液浸領域AR2の外の圧力（大気圧）より高い（陽圧である）と判断したとき、制御装置

CONTは、液体LQが基板Pに及ぼす力を低減するように、つまりその液体LQの圧力が所定値になるように、圧力調整用液体回収部92を駆動し、図11(c)に示すように、圧力調整用回収口98A、98Bを介して、液浸領域AR2の液体LQの一部を回収する。液体LQの一部が回収されることにより、液浸領域AR2の液体LQの圧力が下降して前記所定値となる。これにより、液体LQが基板Pに及ぼす力が低減される。

#### 【0121】

このように、圧力調整機構90で液体供給機構10から供給された液体LQの圧力を調整することで、例えば液体LQの圧力変動に伴う基板Pや基板ステージPSTの変形、あるいは投影光学系PLの光学素子2の変位や振動の発生を防止することができる。したがって、高い露光精度及び計測精度を得ることができる。

#### 【0122】

特に、本実施形態においては、投影光学系PLの像面側の液浸領域AR2の液体LQに接する流路形成部材70に凹部78が設けられており、その凹部78においては液体LQの圧力変動が生じやすい。また、基板Pを走査移動することによって液体LQが移動するため、圧力変動は顕著となる。そこで、その凹部78の内側に、液浸領域AR2の液体LQの圧力調整をするために液体LQを追加する圧力調整用供給口97A、97Bを設けるとともに、液体LQの一部を回収する圧力調整用回収口98A、98Bを設けたので、上記凹部78で生じる圧力変動を効果的に低減することができ、また圧力調整を良好に行うことができる。

#### 【0123】

また、基板P上の液浸領域AR2の液体LQを第1液体回収機構20の液体回収口23A、23Bを介して回収しきれなかった場合、その回収しきれなかった液体LQは液体回収口23A、23Bの外側に流出するが、図11(d)に示すように、第2液体回収機構40の補助液体回収口43A、43Bを介して回収されるので、液体LQの流出を防止することができる。また、第1液体回収機構20に何らかの異常が生じて液体回収動作不能となった場合や、液体供給機構10に何らかの異常が生じて誤作動し、大量に液体LQが供給されてしまって第1液体回収機構20だけでは液体LQを回収しきれない場合でも、第2液体回収機構40で液体LQを回収することができ、液体LQの流出を防止することができる。したがって、流出した液体LQに起因する機械部品等の錆びや駆動系の漏電の発生、あるいは流出した液体LQの気化による基板Pの置かれている環境変動を防止することができ、露光精度及び計測精度の劣化を防止することができる。この場合、第2液体回収機構40にマスフローコントローラ等を設けておき、第2液体回収機構40で液体LQが回収されたときに、液体供給機構10からの液体供給を止めるようにしてもよい。

#### 【0124】

また、第2液体回収機構40は無停電電源100Bを有しており、第1液体回収機構20を含む露光装置EX全体の駆動源である商用電源100Aが停電などの異常を生じてても、第2液体回収機構40に対する電力の供給は無停電電源100Bに切り替わるので、第2液体回収機構40で液体LQを良好に回収することができる。したがって、液体LQの流出を防止することができ、また、基板P上に残留した液体LQを放置せずに第2液体回収機構40で回収できるので、基板Pを支持する基板ステージPST周辺の機械部品の錆びや故障、あるいは基板Pの置かれている環境変動等といった不都合の発生を防止することができる。

#### 【0125】

例えば商用電源100Aが停電したとき、無停電電源100Bは、第2液体回収機構240を構成する例えば真空系の電力駆動部、気液分離器の電力駆動部等に対してそれぞれ電力を供給する。具体的には、商用電源100Aが停電したとき、無停電電源100Bは、第2液体回収機構40に対する電力供給を、例えば内蔵バッテリーに切り替えて無瞬断給電する。その後、無停電電源100Bは、長時間の停電に備えて、内蔵発電機を起動し、第2液体回収機構40に対する電力供給をバッテリーから発電機に切り替える。こうすることにより、商用電源100Aが停電しても、第2液体回収機構40に対する電力供給が継

続され、第2液体回収機構40による液体回収動作を維持することができる。なお、無停電電源100Bとしては上述した形態に限られず、公知の無停電電源を採用することができる。また、本実施形態では、商用電源100Aが停電したときのバックアップ電源として無停電電源装置を例にして説明したが、もちろん、バックアップ電源としてバックアップ用バッテリーを用い、商用電源100Aの停電時に、そのバッテリーに切り替えるようにしてもよい。

#### 【0126】

また、商用電源100Aが停電したとき、無停電電源100Bは、第3液体回収機構60に対しても電力の供給を行うようにしてもよい。こうすることにより、例えば液体LQの液浸領域AR2の一部がプレート部材56上に配置されている状態のときに商用電源100Aが停電して、基板Pの外側に液体LQが流出しても、第3液体回収機構60はその流出した液体LQを回収することができる。なお、商用電源100Aが停電したとき、無停電電源100Bは、基板Pを保持する基板ステージPSTの吸着機構に電力を供給するようにしてもよい。こうすることにより、商用電源100Aが停電した場合であっても基板ステージPST（Zチルトステージ52）による基板Pの吸着保持を維持することができるので、停電によってZチルトステージ52に対する基板Pの位置ずれが生じない。したがって、停電復帰後において露光動作を再開する場合の露光処理再開動作を円滑に行うことができる。

#### 【0127】

また、商用電源100Aの停電時に、無停電電源100Bは、露光装置EXを構成する各機構（装置）のうち、第2液体回収機構40以外の機構に電力（駆動力）を供給するようにしてもよい。例えば商用電源100Aの停電時に、第2液体回収機構40に加えて、第1液体回収機構10に対しても電力を供給することで、液体LQの流出を更に確実に防止することができる。

#### 【0128】

なお、液体供給機構10の供給管12にノーマルクローズ方式のバルブを設けておき、商用電源100Aが停電したとき、そのノーマルクローズ方式のバルブが供給管12の流路を機械的に遮断するようにしてもよい。こうすることにより、商用電源100Aの停電後において、液体供給機構10から基板P上に液体LQが漏出する不都合がなくなる。

#### 【0129】

ところで、基板P表面（液体接触面）の材料特性に応じて、液体LQが基板Pに及ぼす力が変化する。具体的には基板P表面と液体LQとの親和性、更に具体的には基板Pの液体LQに対する接触角に応じて、液体LQが基板Pに及ぼす力が変化する。基板P表面の材料特性は、その基板P表面に塗布される感光材や、その感光材上に塗布される例えば感光材を保護する保護膜などの所定の膜に応じて変化する。圧力調整機構90は、基板P表面と液体LQとの親和性を考慮して液体LQの圧力調整を行うことができる。例えば基板P表面が親液性の場合には、その液体LQは基板P上において濡れ拡がろうとするため、基板P上での液体LQの圧力は低下する（負圧化する）。したがって、基板P表面が親液性の場合には、圧力調整機構90は圧力調整用供給口97A、97Bを介して液体PQの追加を行い、基板P上の液浸領域AR2の液体LQの圧力を上昇させて、液体LQが基板Pに及ぼす力を低減させる。一方、基板P表面が撥液性の場合には、基板P上での液体LQの圧力は上昇する（陽圧化する）。したがって、基板P表面が撥液性の場合には、圧力調整機構90は圧力調整用回収口98A、98Bを介して液体PQの一部回収を行い、基板P上の液浸領域AR2の液体LQの圧力を下降させて、液体LQが基板Pに及ぼす力を低減させる。

#### 【0130】

そして、液体LQの基板P上での圧力は、基板Pの液体LQに対する親和性（接触角）に応じた値となるため、基板Pの液体LQに対する親和性（接触角）を予め求めておき、その求めた結果に基づいて基板P上での液体LQの圧力を予め実験又はシミュレーションによって求めておき、その求めた圧力に関する情報を制御装置CONT（あるいはこれに

接続する記憶装置)に記憶しておくことにより、上記圧力センサ120を用いなくても、制御装置CONTは、前記圧力に関する情報に基づいて、液体LQの圧力を調整するための調整量(圧力調整用供給口97から供給する単位時間あたりの液体供給量又は圧力調整用回収口98を介して回収する単位時間あたりの液体回収量)を求め、その求めた調整量に基づいて、液体LQの追加又は一部回収を行うことができる。

#### 【0131】

なおここでは、基板Pの表面(液体接触面)の液体LQに対する親和性(接触角)を考慮して液体LQの圧力調整が行われるように説明したが、基板P上の液浸領域AR2の液体LQの圧力調整を、流路形成部材70の下面(液体接触面)70Aや投影光学系PLの光学素子2の下面(液体接触面)2Aの液体LQに対する親和性(接触角)を考慮して行うようにしてもよい。なお、光学素子2や流路形成部材70の液体LQに対する親和性は大きく変化せず、一方、基板Pの液体LQに対する親和性は使用する感光材などに応じて例えばロット毎に変化するため、実際には、光学素子2や流路形成部材70の液体LQに対する親和性は考慮しなくても、基板P表面の液体LQに対する親和性を考慮することで、液体LQの圧力調整を良好に行うことができる。

#### 【0132】

なお、上述した実施形態においては、液体LQの液浸領域AR2を基板P上に形成する場合について説明したが、図2を参照して説明したような、基準部材300の上面301に液体LQの液浸領域AR2を形成する場合もある。そして、その上面301上の液浸領域AR2の液体LQを介して各種計測処理を行う場合がある。その場合、圧力調整機構90は、基準部材300上に形成された液浸領域AR2の液体LQが基準部材300に及ぼす力を低減するように液体LQの圧力調整を行うことができる。このとき、圧力調整機構90は、基準部材300の上面301と液体LQとの親和性を考慮して、液体LQの圧力調整を行うことができる。同様に、圧力調整機構90は、照度ムラセンサ400の上板402の上面401や、空間像計測センサ500の上板502の上面501等に液体LQの液浸領域AR2が形成されたときにも、液体LQが上板402や上板502に及ぼす力を低減するように、液体LQの圧力調整を行うことができる。更には、Zチルトステージ52(基板ステージPST)上面に液浸領域AR2を形成する構成も考えられ、その場合、圧力調整機構90は、液体LQが基板ステージPSTに及ぼす力を低減するように圧力調整を行うことができる。

#### 【0133】

なお、上述した実施形態においては、圧力調整機構90は、基板P上に形成された液浸領域AR2の液体LQの圧力調整動作を基板Pの液浸露光中に行っているが、基板Pを液浸露光する前や後に行ってもよい。

#### 【0134】

なお上述した実施形態においては、圧力調整用供給口97と圧力調整用回収口98とは互いに独立した口であるが、液体供給部91及び液体回収部92が1つの口を兼用し、その1つの口を介して液体供給及び回収を行ってもよい。

#### 【0135】

上述した実施形態において、複数(2つ)並べて設けられた圧力調整用供給口97A、97Bのそれぞれからの単位時間あたりの液体供給量を、液体LQが基板Pに及ぼす力を低減するように、例えば基板Pの移動方向や走査速度に応じて互いに異なる値にしてもよい。同様に、複数並んだ圧力調整用回収口98A、98Bのそれぞれを介した単位時間あたりの液体回収量を互いに異なる値にしてもよい。

#### 【0136】

なお、上述した実施形態においては、圧力調整用供給口97及び圧力調整用供給口98は、非走査方向(Y軸方向)に2つずつ並べて設けられているが、走査方向(X軸方向)に関して複数並べて設けてもよい。X軸方向に関して複数並べて設ける場合、投影領域AR1を挟んでその両側にそれぞれ設けることができる。この場合においても、液体LQ圧力調整を行うときに、X軸方向に複数並んだ圧力調整用供給口97のそれぞれからの液体

供給量を、液体L Qが基板Pに及ぼす力を低減するように、例えば基板Pの走査方向や走査速度に応じて互いに異なる値にしてもよい。同様に、X軸方向に複数並んだ圧力調整用回収口98それぞれからの液体回収量を互いに異なる値にしてもよい。

#### 【0137】

また、上述した実施形態においては、圧力調整用供給口97及び圧力調整用回収口98はそれぞれ2つずつ設けられているが、1つずつでもよいし、2つ以上の任意の複数箇所設けられてもよい。また、圧力調整用供給口97及び圧力調整用回収口98の形状は円形状に限られず、例えば矩形状や多角形状、円弧状、所定方向を長手方向とするスリット状であってもよい。

#### 【0138】

また上述した実施形態においては、圧力センサ120は1つ設けられている構成であるが、液浸領域AR2の液体L Qに接する位置において任意の複数箇所のそれぞれに設けてもよい。その場合、複数の圧力センサ120それぞれの出力に基づいて、複数の圧力調整用供給口97(97A、97B)それぞれからの液体供給量を互いに異なる値にしてもよい。同様に、複数の圧力センサ120それぞれの出力に基づいて、複数の圧力調整用回収口98(98A、98B)それぞれを介した液体回収量を互いに異なる値にしてもよい。

#### 【0139】

また、上述した実施形態においては、液体L Qの供給又は回収を行って、液体L Qの圧力調整を行っているが、液体L Qの接触角を調整するようにしてもよい。

#### 【0140】

なお、上述した実施形態において、液体供給口13、液体回収口23、及び補助液体回収口43や、それらに接続される供給流路14、回収流路24、及び回収流路44などに、スポンジ状部材や多孔質セラミックスなどからなる多孔質体を配置してもよい。

#### 【0141】

なお、上述した実施形態においては、基板Pの露光中に、液体供給口13A、13Bの両方から液体L Qを供給するようにしているが、どちらか一方から供給するようにしてもよい。また、液体供給機構10(液体供給口13A、13B)を省略して、圧力調整用供給口97からの液体L Qの供給のみで液浸領域AR2を形成するようにしてもよい。

#### 【0142】

以下、本発明の別の実施形態について説明する。以下の説明において、上述した実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。

図12は流路形成部材70及びその流路形成部材70に取り付けられたフォーカス・レベリング検出系80の光学系を構成する第1、第2光学部材の別の実施形態を示す図である。図12において、第1、第2光学部材83A、84Aのそれぞれはプリズムによって構成されており、プリズムからなる第1、第2光学部材83A、84Aによって、フォーカス・レベリング検出系80の検出光Laの進行方向の向きが変えられるようになっている。本実施形態においては、第1、第2光学部材83A、84Aのそれぞれは平行シフトプリズム、具体的には菱形プリズムによって構成されており、入射した検出光Laを平行移動する。

#### 【0143】

第1、第2光学部材83A、84Aのそれぞれは、流路形成部材70の内側面70Tに取り付けられている。そして、第1、第2光学部材83A、84Aのうち、少なくとも検出光Laの通過する上端領域KA1及び下端領域KA2は流路形成部材70から露出している。第1、第2光学部材83A、84Aの上端領域KA1は流路形成部材70の上面より突出(露出)しており、下端領域KA2は投影光学系PLと基板Pとの間の空間に対して露出している。なお図12に示す例では、第1光学部材83Aは投影光学系PL(光学素子2)の-X側に設けられ、第2光学部材84Aは+X側に設けられている。第1、第2光学部材83A、84Aを投影光学系PLの-X側及び+X側のそれぞれに設けることにより、圧力調整用供給口97に接続する供給流路94や供給管93、及び圧力調整用回

収口 98 に接続する回収流路 96 や回収管 95 と、第 1、第 2 光学部材 83A、84A との干渉が防止されている。

#### 【0144】

フォーカス・レベリング検出系 80 の投光部 81 から射出された検出光  $L_a$  は XZ 平面にほぼ平行な面に沿って進行し、第 1 光学部材 83A の上端領域 KA1 より入射した後、第 1 光学部材 83A を通過することによって -Z 方向にシフトされ、下端領域 KA2 より射出される。そして、第 1 光学部材 83A を通過した検出光  $L_a$  は基板 P に照射されて反射した後、第 2 光学部材 84A に対して下端領域 KA2 より入射する。第 2 光学部材 84A に下端領域 KA2 より入射した検出光  $L_a$  は +Z 方向にシフトした後、上端領域 KA1 より射出され、受光部 82 に受光される。

#### 【0145】

このように、流路形成部材 70 にフォーカス・レベリング検出系 80 の光学系を構成する第 1、第 2 光学部材 83A、84A をプリズムによって構成することで、検出光  $L_a$  の基板 P に対する入射角  $\theta$  を大きくすることができ、流路形成部材 70 を含む装置構成の設計の自由度を向上することができる。また、流路形成部材 70 の大きさを小さくすることもできる。

#### 【0146】

図 13 は圧力調整機構 90 の別の実施形態を示す模式図である。図 13 において、圧力調整機構 90 は、液体 LQ を送出可能な液体供給部 91 を備えている。図 13 における液体供給部 91 は液体回収部 (92) の機能を兼ね備えているものとする。流路形成部材 70 の内側面 70T には供給口 97C、97D が形成されている。また、流路形成部材 70 の内部には、その一端部を供給管 93A、93B を介して液体供給部 91 に接続し、他端部を供給口 97C、97D に接続した供給流路 94A、94B が形成されている。また、流路形成部材 70 の下面 70A には、上述した実施形態同様、液体供給口 13A、13B、液体回収口 23A、23B、及び補助液体回収口 43A、43B が形成されている。

#### 【0147】

そして、液体供給部 91 から送出される液体 LQ は、供給管 93A、93B、及び供給流路 94A、94B を介して、供給口 97C、97D より、流路形成部材 70 の内側面 70T と投影光学系 PL の光学素子 2 の側面 2T との間の間隙部 G に供給されるようになっている。また、上述したように本実施形態における液体供給部 91 は液体回収部の機能を有しており、液体回収部が駆動されることにより、間隙部 G の液体 LQ 又は気体は、供給口 (回収口) 97C、97D、供給流路 (回収流路) 94A、94B、及び供給管 (回収管) 93A、93B を介して液体供給部 (液体回収部) 91 に吸引回収されるようになっている。

#### 【0148】

基板 P 上に液体 LQ の液浸領域 AR2 を形成したとき、例えば毛細管現象などによって基板 P 上の液体 LQ が間隙部 G に流入し、滞留する可能性がある。間隙部 G に液体 LQ が長時間滞留すると、その液体 LQ は汚染する可能性が高くなり、その汚染された間隙部 G の液体 LQ が例えば基板 P の液浸露光中に投影光学系 PL と基板 P との間に流入すると、露光精度の劣化をもたらす可能性がある。そこで、制御装置 CONT は圧力調整機構 90 を適宜駆動することで、流路形成部材 70 の内側面 70T と光学素子 2 の側面 2T との間を滞留する液体 LQ を除去することができる。すなわち、本実施形態における圧力調整機構 90 は、流路形成部材 70 の内側面 70T と光学素子 2 の側面 2 との間の液体 LQ を除去する液体除去機構としての機能を有している。

#### 【0149】

図 14 は、図 13 に示した圧力調整機構 (液体除去機構) 90 の動作の一例を示す図である。図 14 (a) に示すように、投影光学系 PL と液浸領域 AR2 の液体 LQ とを介して基板 P に露光光 EL を照射中に、圧力調整機構 90 を駆動して、流路形成部材 70 の内側面 70T と光学素子 2 の側面 2T との間の間隙部 G に滞留する液体 LQ を除去することができる。図 14 (a) に示す例では、液体供給部 91 より送出された液体 LQ が供給口

97C、97Dより間隙部Gに供給されている。供給口97C、97Dより供給された液体LQにより、間隙部Gに配置されていた（滞留していた）液体LQは下方に排出されて基板P上に流出し、基板P上の液体LQとともに第1液体回収機構20の液体回収口23A、23Bより回収される。図14（a）に示す例では、基板Pの露光中においても供給口97C、97Dより液体LQが常時間隙部Gに供給されるので、間隙部Gに配置された液体LQは汚染される前に基板P上に流出するため、露光精度に影響を与えない。なお図14（a）に示す例では基板Pに露光光ELを照射しながら間隙部Gに液体LQを供給しているが、もちろん基板Pに対して露光光ELを照射する前や後に、間隙部Gに液体LQを供給してもよい。

#### 【0150】

図14（b）に示すように、供給口97C、97Dを介して間隙部Gに液体LQを供給することにより間隙部Gより排出した液体LQを、第3液体回収機構60を使って回収するようにしてもよい。こうすることにより、間隙部Gにおいて汚染された液体LQを基板Pなどに付着させることなく、間隙部Gより排出して回収することができる。

#### 【0151】

図14（c）に示すように、間隙部Gの液体LQを回収口97C、97Dを介して吸引回収するようにしてもよい。こうすることによっても、間隙部Gの液体LQを除去することができる。

#### 【0152】

上述した間隙部Gの液体LQの除去処理は、基板ステージPSTに対する基板Pの交換時（ロード・アンロード時）や基板Pのロット毎など、所定のタイミングで定期的に行うことができる。また、図14（a）を参照して説明したように、基板Pの露光中に液体除去動作を行ってもよいし、露光中以外のタイミングで行ってもよい。

#### 【0153】

また、図14（d）に示すように、基板Pを露光処理していないときにおいて、液体供給部91を駆動して液体LQを常に間隙部Gに供給するようにしてもよい。この場合、液体供給量を調整することにより、供給口97C、97Dより供給された液体LQは投影光学系PL（光学素子2）の側面2Tを伝わって、下面（液体接触面）2Aに濡れ広がる。光学素子2から滴り落ちた液体LQは、第3液体回収機構60で回収することができる。供給口97C、97Dより供給した液体LQで光学素子2の下面2Aを含む表面を常に濡らしておくことにより、光学素子2（投影光学系PL）の乾燥を防止し、液体LQの付着跡（所謂ウォーターマーク）が生成される不都合を防止することができる。

#### 【0154】

ところで、上述した各実施形態においては、液体供給機構10及び液体回収機構20（40、60）を使って液体LQの供給及び回収を行い、基板P上を含む基板ステージPST上に局所的に液浸領域AR2を形成している状態で、その基板ステージPSTを移動しつつ露光処理や計測処理を行っているが、基板ステージPSTの移動条件によっては、基板Pの外側に液体LQが流出したり、液浸領域AR2に気体部分が生成されるなど、投影光学系PLの像面側に液体LQを良好に保持することができず、液浸領域AR2が良好に形成されない状況が発生する可能性がある。

#### 【0155】

そこで、液体供給機構10と液体回収機構20とによって基板ステージPST上に保持された基板P上を含む基板ステージPST上に局所的に液浸領域AR2を形成している状態で、基板ステージPSTを第1位置から第2位置へほぼ直線的に移動させるときに、第1位置と第2位置との間隔に応じて基板ステージPSTの移動速度を異ならせるとよい。

なおここで、「基板ステージPST上の液浸領域AR2」は「基板ステージPST上に保持された基板P上の液浸領域AR2」も含む。

#### 【0156】

本実施形態においては、基板Pをステップ・アンド・スキャン方式で移動しながら各ショット領域に対する走査露光処理を順次行う構成であるが、例えば露光装置EXのリセッ

ト動作やキャリブレーション動作など（以下、「キャリブレーション動作」と総称する）において、制御装置CONTは、キャリブレーション動作の開始を指令したときの基板ステージPSTの位置（第1位置）から、キャリブレーション動作を行うための位置（第2位置）まで基板ステージPSTを長距離移動する。その距離（第1位置と第2位置との間隔）は、上記ステップ移動やスキャン移動の距離に比べて大きく、投影光学系PLの像面側に液体LQを保持しておくことが困難である。

#### 【0157】

そこで、制御装置CONTは、第1位置と第2位置との間隔が、予め設定されている所定量以上の場合には、第1位置と第2位置との間隔が所定量よりも短い場合に比べて、基板ステージPSTの移動速度を小さくする。例えば、上述したようなキャリブレーション動作のために長距離移動するときの基板ステージPSTの移動距離が、露光処理時におけるステップ・アンド・スキャン時の基板ステージPSTの移動距離に比べて長い（例えば2倍以上）場合には、前記長距離移動するときの移動速度を、露光処理時におけるステップ・アンド・スキャン時の基板ステージPSTの移動速度に比べて遅くする。こうすることにより、投影光学系PLの像面側に液体LQの液浸領域AR2を良好に形成することができる。

#### 【0158】

以上説明したように、第1位置と第2位置との間隔が長く、基板ステージPSTが長距離を移動するような場合、投影光学系PLの像面側に液体LQを良好に保持しておくことが困難になる可能性があるが、そのような場合には基板ステージPSTの移動速度を遅くすることで、投影光学系PLの像面側に液体LQを良好に保持することができる。したがって、液体LQの流出や気体部分の生成などを防止し、液体LQの流出や気体部分の生成などに起因する露光精度及び計測精度の劣化を防止することができる。一方、第1位置と第2位置との間隔が短く、基板ステージPSTが長距離を移動しない場合、基板ステージPSTの移動速度を速くすることで、スループットを向上することができる。

#### 【0159】

なお上記所定量は、例えば基板P、光学素子2、流路形成部材70などの液体LQに対する親和性を考慮して、実験やシミュレーションを行うことで予め求めておくことができる。

#### 【0160】

なおこの場合において、基板ステージPSTの移動速度を遅くするよりも、スループットが向上されるならば、第1位置から第2位置へ直線的な移動を行わずに、且つ移動速度を小さくすることなしに、前記所定量よりも短い直線距離で基板ステージPSTの移動方向を変更しながら、第2位置へ到達するようにしてもよい。

#### 【0161】

また、液体供給機構10と液体回収機構20とによって基板ステージPST上に局所的に液浸領域AR2を形成している状態で、基板ステージPSTを第1位置から第2位置へほぼ直線的に移動させるときに、投影光学系PLの像面側に液体LQを良好に保持するために、第1位置から第2位置への基板ステージPSTの移動方向に応じて基板ステージPSTの移動速度を異ならせることもできる。

#### 【0162】

例えば図15の模式図に示すように、液浸領域AR2を形成するための液体供給機構10の液体供給口13A、13B、及び液体回収機構20の液体回収口23A、23Bに対して基板ステージPSTを移動する際、基板ステージPSTをX軸方向に移動するときとY軸方向に移動するときとで、基板ステージPSTの移動速度を異ならせる。

#### 【0163】

本実施形態における液体回収機構20の液体回収口23は、図4などを参照して説明したように、流路形成部材70の下面70Aのうち、投影領域AR1に対して+Y側及び-Y側の領域には設けられていない。すなわち、投影領域AR1（液浸領域AR2）に対してY軸方向に沿う方向には液体回収口23が配置されておらず、そのY軸方向に沿う方向

においては、液体回収機構 2 0 による液体回収力が弱くなっている。すなわち、Y 軸方向に沿う方向が、液体回収機構 2 0 による液体回収力が弱い方向である。

#### 【0 1 6 4】

そこで、制御装置 CONT は、基板ステージ P S T を液体回収機構 2 0 による液体回収力が弱い方向、すなわち Y 軸方向に移動させる場合には、その基板ステージ P S T を Y 軸方向とは異なる方向（例えば X 軸方向に沿う方向）に移動させる場合に比べて、基板ステージ P S T の移動速度を小さくする。

#### 【0 1 6 5】

例えば、露光処理時において基板ステージ P S T を X 軸方向にスキャン移動させるときの基板ステージ P S T の移動速度（例えば 4 0 0 mm/秒程度）に対して、Y 軸方向にステップ移動するときや、上述したようなキャリブレーション動作をするために Y 軸方向や X 軸方向に関して斜め方向に移動するときの基板ステージ P S T の移動速度を例えば 2 0 0 mm/秒程度に遅くする。こうすることにより、投影光学系 P L の像面側に液体 L Q を保持しておくことができ、液体 L Q の流出や液浸領域 A R 2 での気体部分の生成を防止することができる。

#### 【0 1 6 6】

以上説明したように、液体 L Q の供給口 1 3 及び回収口 2 3 の配置や大きさによっては、基板ステージ P S T の移動方向によって投影光学系 P L の像面側に液体 L Q を良好に保持できずにその液体 L Q が流出したり、あるいは液浸領域 A R 2 の液体 L Q が枯渇したり剥離するなど、投影光学系 P L の像面側の液浸領域に気体部分が生成される不都合が生じる可能性があるが、基板ステージ P S T の移動方向に応じて基板ステージ P S T の移動速度を異ならせることで、液体 L Q の流出や気体部分の生成などの不都合の発生を防止することができる。そして、液体 L Q の流出に起因する露光精度及び計測精度の劣化を防止することができる。そして、基板ステージ P S T を液体回収力が弱い方向に移動させる場合には、基板ステージ P S T の移動速度を遅くすることで、投影光学系 P L の像面側に液浸領域 A R 2 を良好に形成することができる。一方、例えば液体回収力や液体供給力が強い方向に基板ステージ P S T を移動する場合には、基板ステージ P S T の移動速度を速くすることで、スループットを向上することができる。

#### 【0 1 6 7】

なお本実施形態においては、液浸領域 A R 2 に対して Y 軸方向に沿う方向に液体回収口 2 3 が配置されておらず、その Y 軸方向において液体回収機構 2 0 による液体回収力が弱くなるように説明したが、液体回収口 2 3 が配置されていない場合だけでなく、例えば図 1 6 に示すように、液浸領域 A R 2 に対して Y 軸方向に液体回収口 2 3（2 3 D）が配置されていても、その Y 軸方向に配置された液体回収口 2 3 D は複数に分割された（まばらな）ものである場合、その Y 軸方向での液体回収力は弱い。このような構成を有する液体回収口 2 3 においても、基板ステージ P S T を Y 軸方向へ移動させる場合には、基板ステージ P S T を Y 軸方向とは異なる方向に移動させる場合に比べて、基板ステージ P S T の移動速度を小さくすることが好ましい。

#### 【0 1 6 8】

あるいは、複数に分割された液体回収口 2 3 が投影領域 A R 1（液浸領域 A R 2）を囲むように配置されている場合において、前記複数の液体回収口 2 3 のうち、例えば液浸領域 A R 2 に対して Y 軸方向に沿う位置に設けられた液体回収口 2 3 による液体回収力が弱い場合には、基板ステージ P S T を Y 軸方向へ移動させるとき、Y 軸方向とは異なる方向に移動させる場合に比べて、基板ステージ P S T の移動速度を小さくすることが好ましい。

#### 【0 1 6 9】

上述したように、本実施形態における液体 L Q は純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板 P 上のフォトリソトや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 P の表面、及び投影光学系 P L の

先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。なお工場等から供給される純水の純度が低い場合には、露光装置が超純水製造器を持つようにしてもよい。

#### 【0170】

そして、波長が193 nm程度の露光光ELに対する純水（水）の屈折率 $n$ はほぼ1.44と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光（波長193 nm）を用いた場合、基板P上では $1/n$ 、すなわち約134 nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約 $n$ 倍、すなわち約1.44倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

#### 【0171】

なお、上述したように液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数NAが0.9～1.3になることもある。このように投影光学系の開口数NAが大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、マスク（レチクル）のライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク（レチクル）のパターンからは、S偏光成分（TE偏光成分）、すなわちラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系PLと基板P表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系PLと基板P表面に塗布されたレジストとの間が空気（気体）で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与するS偏光成分（TE偏光成分）の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系の開口数NAが1.0を越えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクや特開平6-188169号公報に開示されているようなラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法（特にダイボール照明法）等を適宜組み合わせると更に効果的である。

#### 【0172】

また、例えばArFエキシマレーザを露光光とし、 $1/4$ 程度の縮小倍率の投影光学系PLを使って、微細なライン・アンド・スペースパターン（例えば25～50 nm程度のライン・アンド・スペース）を基板P上に露光するような場合、マスクMの構造（例えばパターンの微細度やクロムの厚み）によっては、Wave guide効果によりマスクMが偏光板として作用し、コントラストを低下させるP偏光成分（TM偏光成分）の回折光よりS偏光成分（TE偏光成分）の回折光が多くマスクMから射出されるようになるので、上述の直線偏光照明を用いることが望ましいが、ランダム偏光光でマスクMを照明しても、投影光学系PLの開口数NAが0.9～1.3のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。また、マスクM上の極微細なライン・アンド・スペースパターンを基板P上に露光するような場合、Wire Grid効果によりP偏光成分（TM偏光成分）がS偏光成分（TE偏光成分）よりも大きくなる可能性もあるが、例えばArFエキシマレーザを露光光とし、 $1/4$ 程度の縮小倍率の投影光学系PLを使って、25 nmより大きいライン・アンド・スペースパターンを基板P上に露光するような場合には、S偏光成分（TE偏光成分）の回折光がP偏光成分（TM偏光成分）の回折光よりも多くマスクMから射出されるので、投影光学系PLの開口数NAが0.9～1.3のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

#### 【0173】

更に、マスク（レチクル）のラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明（S偏光照明）だけでなく、特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線（周）方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組み合わせも効果的である。特に、マスク（レチクル）のパターンが所定の一方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるラインパターンが混在する場合には、同じく特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法とを併用することによって、投影光学系の開口数NAが大きい場合でも高い結像性能を得ることができる。

## 【0174】

本実施形態では、投影光学系 PL の先端に光学素子 2 が取り付けられており、このレンズにより投影光学系 PL の光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整を行うことができる。なお、投影光学系 PL の先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系 PL の光学特性の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光 EL を透過可能な平行平板であってもよい。

## 【0175】

なお、液体 LQ の流れによって生じる投影光学系 PL の先端の光学素子と基板 P との間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。

## 【0176】

なお、本実施形態では、投影光学系 PL と基板 P 表面との間は液体 LQ で満たされている構成であるが、例えば基板 P の表面に平行平板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体 LQ を満たす構成であってもよい。

## 【0177】

なお、本実施形態の液体 LQ は水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光 EL の光源が F<sub>2</sub> レーザである場合、この F<sub>2</sub> レーザ光は水を透過しないので、液体 LQ としては F<sub>2</sub> レーザ光を透過可能な例えば、過フッ化ポリエーテル（PFPE）やフッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。この場合、液体 LQ と接触する部分には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化処理する。また、液体 LQ としては、その他にも、露光光 EL に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系 PL や基板 P 表面に塗布されているフォトリソグレイストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。この場合も表面処理は用いる液体 LQ の極性に応じて行われる。

## 【0178】

なお、上記各実施形態の基板 P としては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

## 【0179】

露光装置 EX としては、マスク M と基板 P とを同期移動してマスク M のパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキヤニングステッパ）の他に、マスク M と基板 P とを静止した状態でマスク M のパターンを一括露光し、基板 P を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。また、本発明は基板 P 上で少なくとも 2 つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・ステッチ方式の露光装置にも適用できる。

## 【0180】

また、本発明は、特開平 10-163099 号公報、特開平 10-214783 号公報、特表 2000-505958 号公報などに開示されているツインステージ型の露光装置にも適用できる。

## 【0181】

また、上述の実施形態においては、投影光学系 PL と基板 P との間に局所的に液体を満たす露光装置を採用しているが、本発明は、特開平 6-124873 号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置にも適用可能である。

## 【0182】

露光装置 EX の種類としては、基板 P に半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

## 【0183】

基板ステージPSTやマスクステージMSTにリニアモータ（USP5,623,853またはUSP5,528,118参照）を用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージPST、MSTは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。

## 【0184】

各ステージPST、MSTの駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージPST、MSTを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージPST、MSTに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージPST、MSTの移動面側に設ければよい。

## 【0185】

基板ステージPSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-166475号公報（USP5,528,118）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

マスクステージMSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-330224号公報（US S/N 08/416,558）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

## 【0186】

以上のように、本願実施形態の露光装置EXは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学の精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学の精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

## 【0187】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図17に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査ステップ206等を経て製造される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0188】

【図1】本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】基板ステージを示す平面図である。

【図3】流路形成部材を示す斜視図である。

【図4】流路形成部材を下面側から見た斜視図である。

【図5】図3のA-A断面矢視図である。

【図6】図3のB-B断面矢視図である。

【図7】液浸領域及び予備液浸領域を示す模式図である。

【図8】液浸領域及び予備液浸領域を示す模式図である。

【図9】流路形成部材のうち第4部材を除いた状態を示す斜視図である。

【図10】流路形成部材のうち第1、第2部材を除いた状態を下面側から見た斜視図

である。

【図 1 1】 本発明の露光装置の動作の一例を示す模式図である。

【図 1 2】 本発明の露光装置の別の実施形態を示す断面図である。

【図 1 3】 本発明の露光装置の別の実施形態を示す模式図である。

【図 1 4】 図 1 3 に示す露光装置の動作の一例を示す模式図である。

【図 1 5】 本発明の露光装置の動作の一例を示す平面図である。

【図 1 6】 液体供給口及び液体回収口の別の実施形態を示す平面図である。

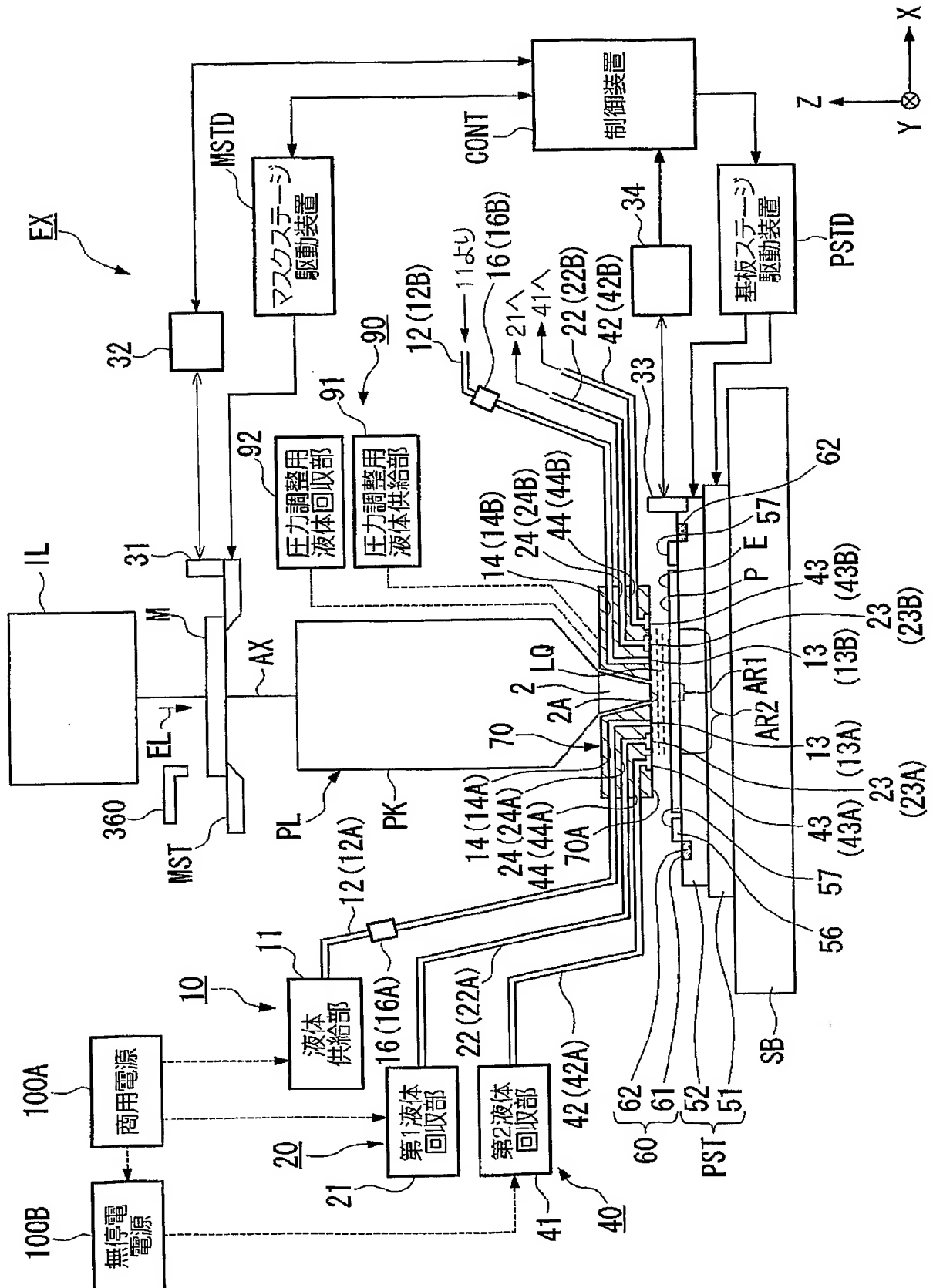
【図 1 7】 半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

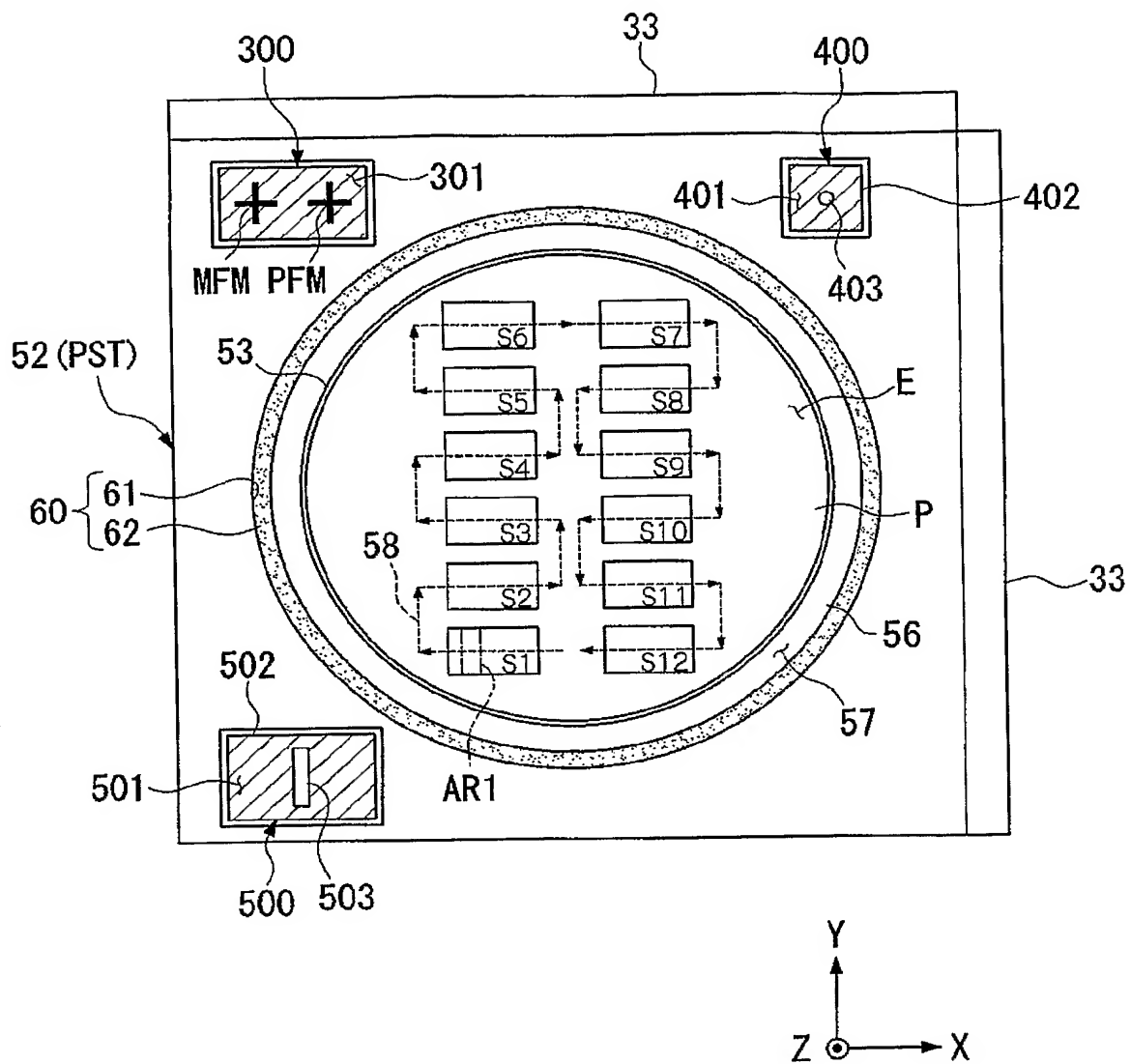
【0189】

10…液体供給機構、13 (13A、13B) …液体供給口、20…第1液体回収機構、  
23 (23A、23B) …液体回収口、40…第2液体回収機構、  
43 (43A、43B) …補助液体回収口、90…圧力調整機構 (排気手段)、  
92…圧力調整用液体回収部 (排出手段)、  
98A、98B…圧力調整用回収口 (排気口)、100A…商用電源、  
100B…無停電電源、AR1…投影領域、AR2…液浸領域、AR3…予備液浸領域、  
EL…露光光、EX…露光装置、P…基板、PL…投影光学系、LQ…液体

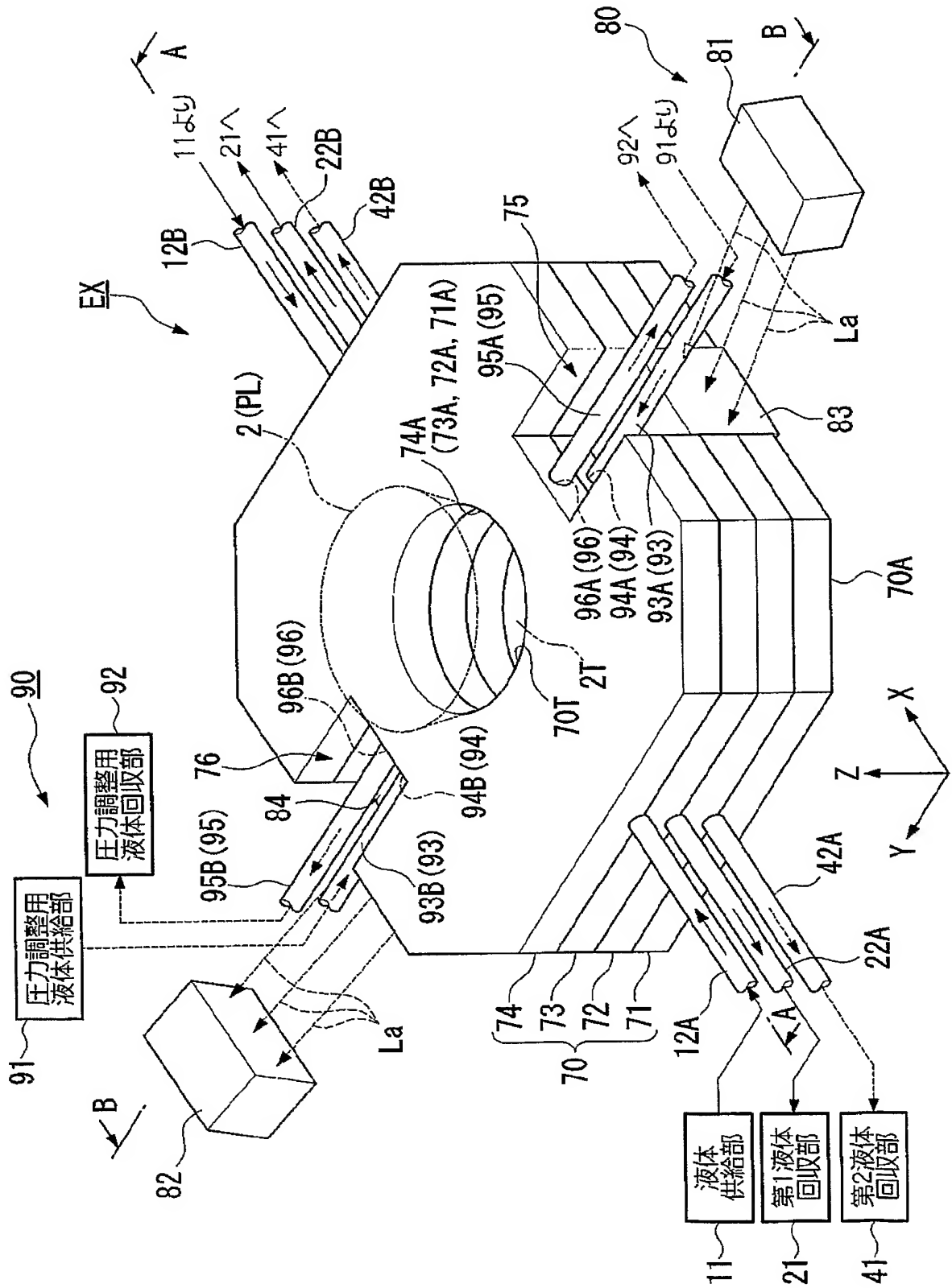
【書類名】 図面  
【図 1】



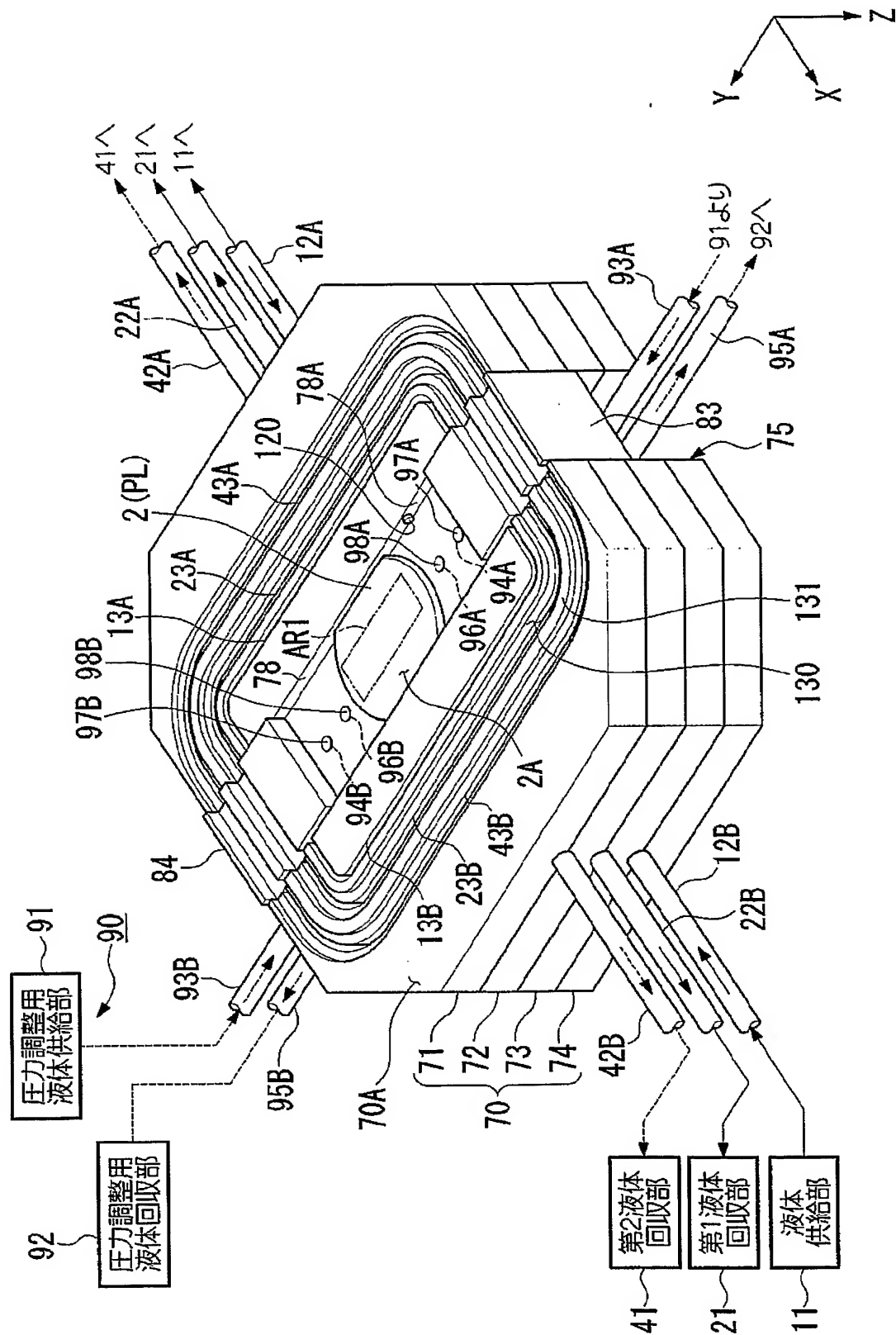
【圖 2】



【図 3】



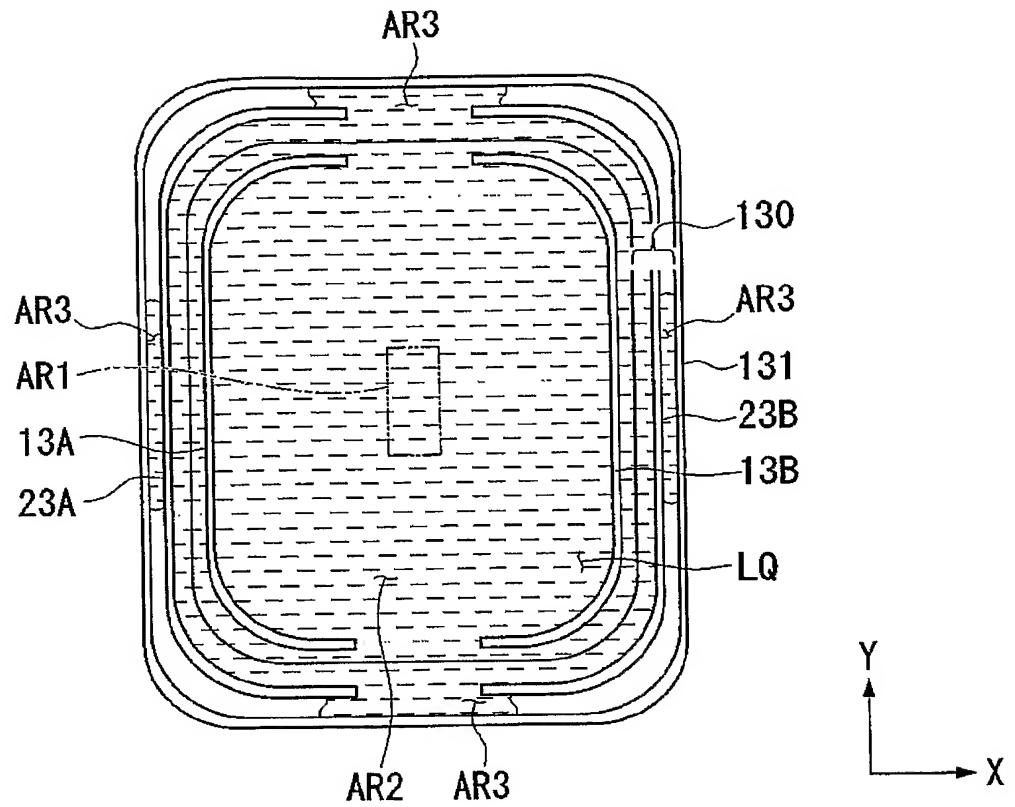
【図 4】



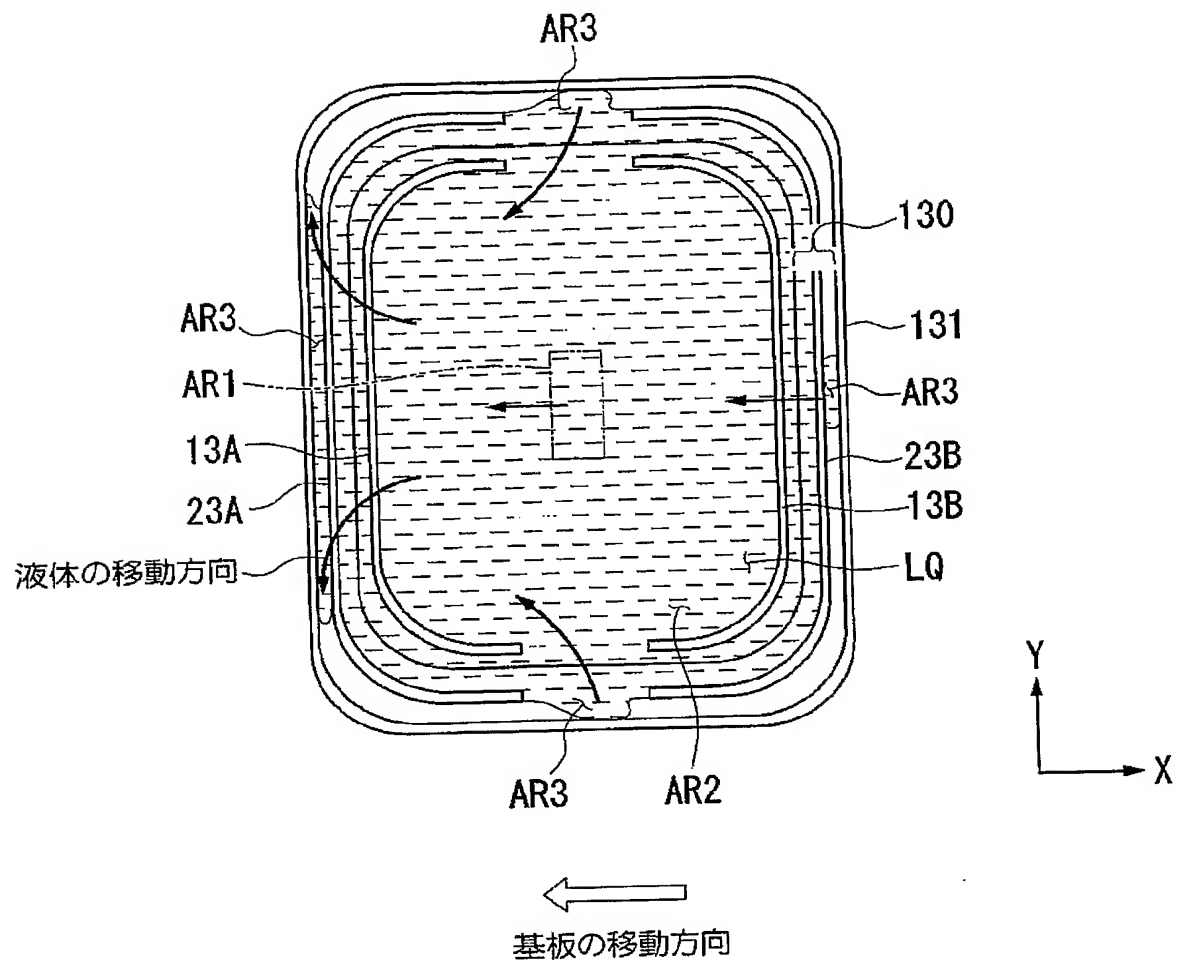




【図 7】

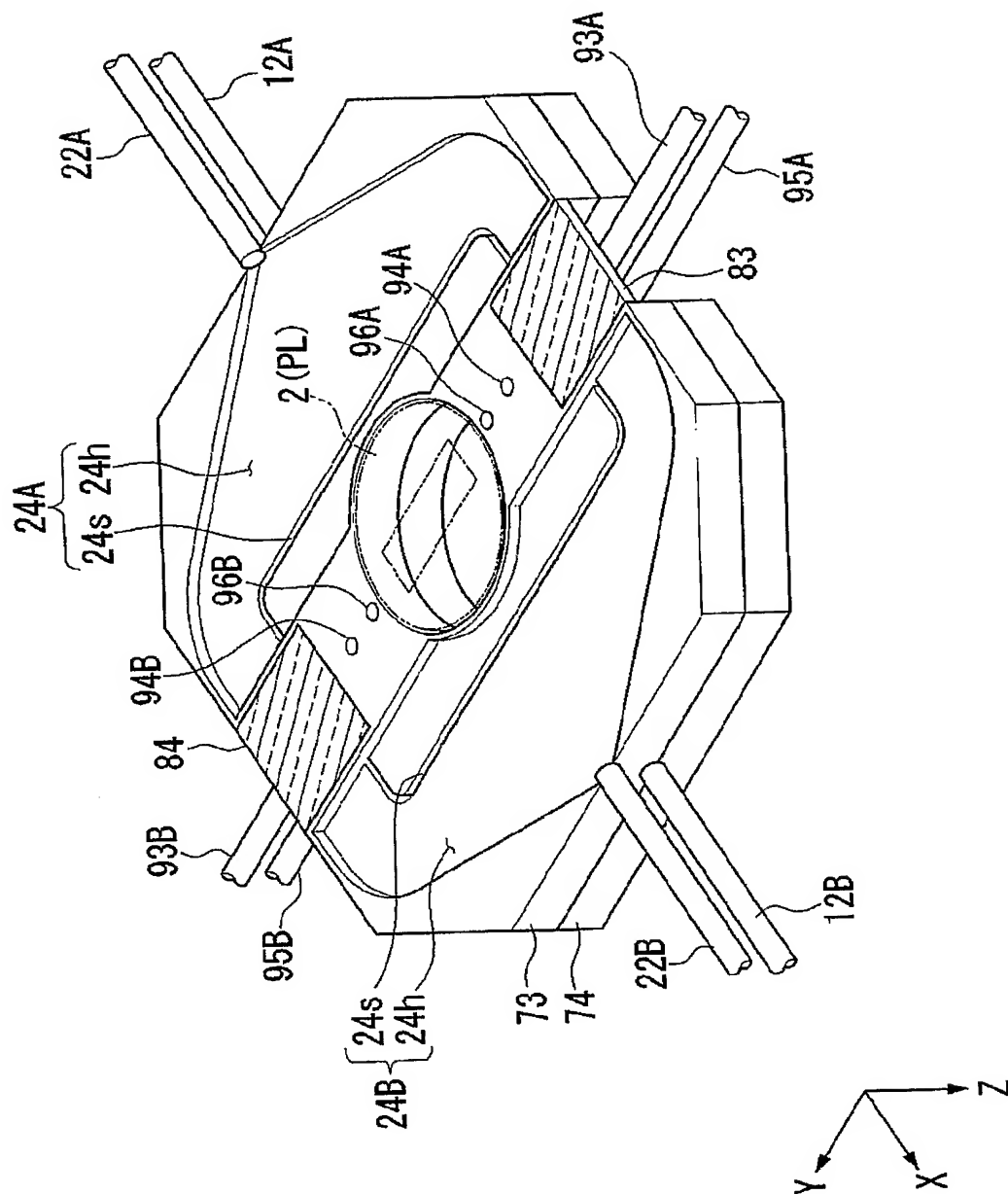


【図 8】

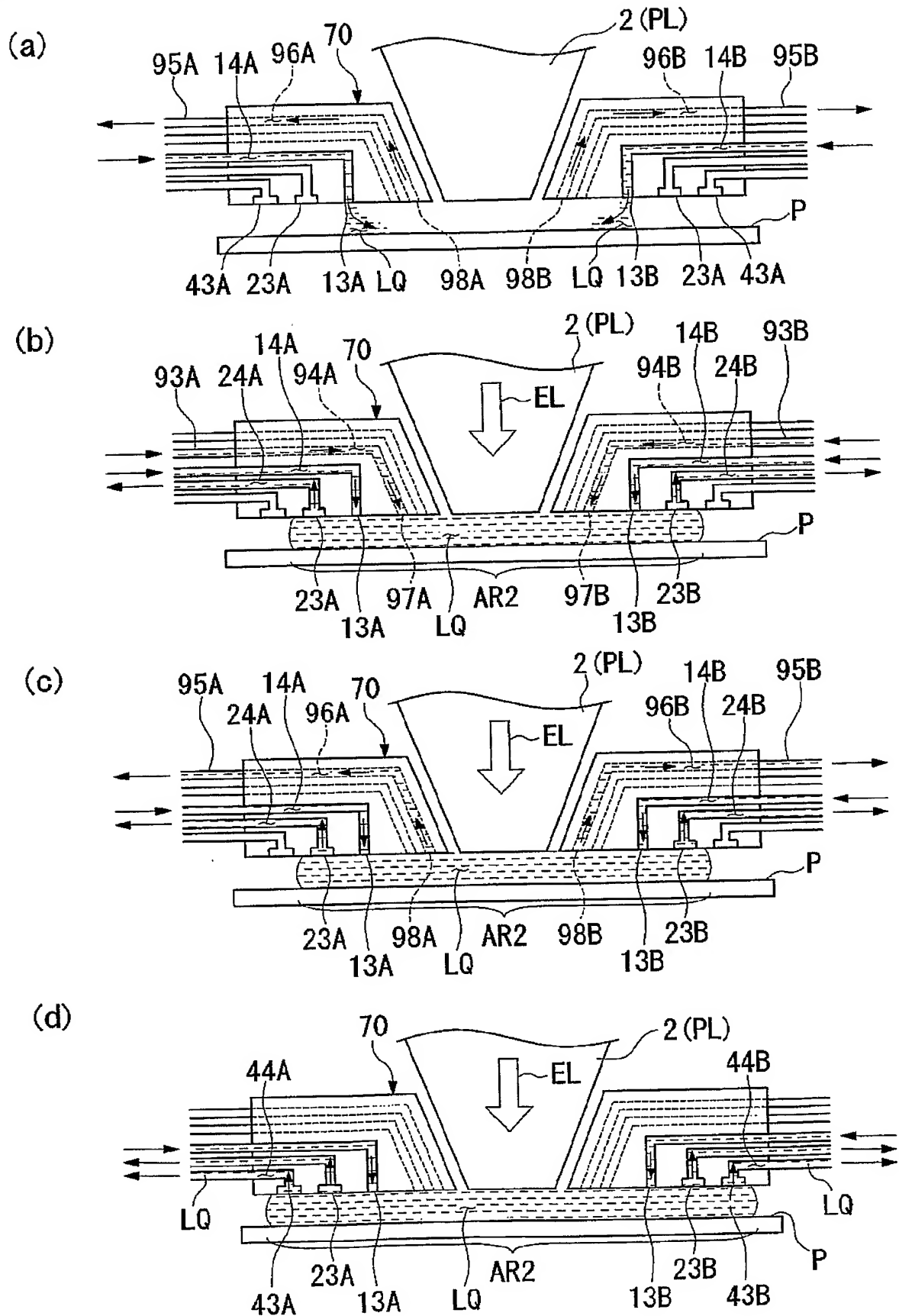




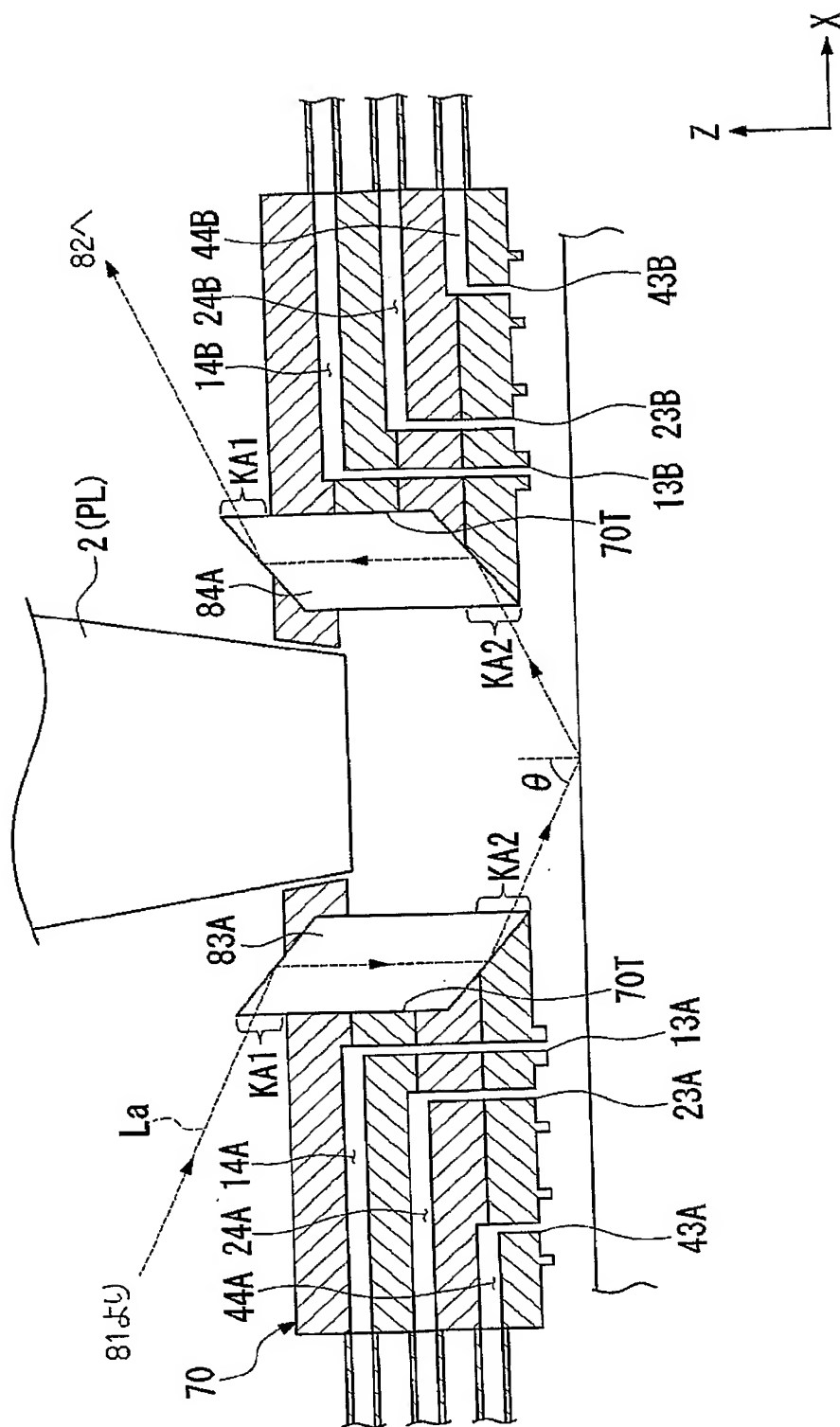
【図10】



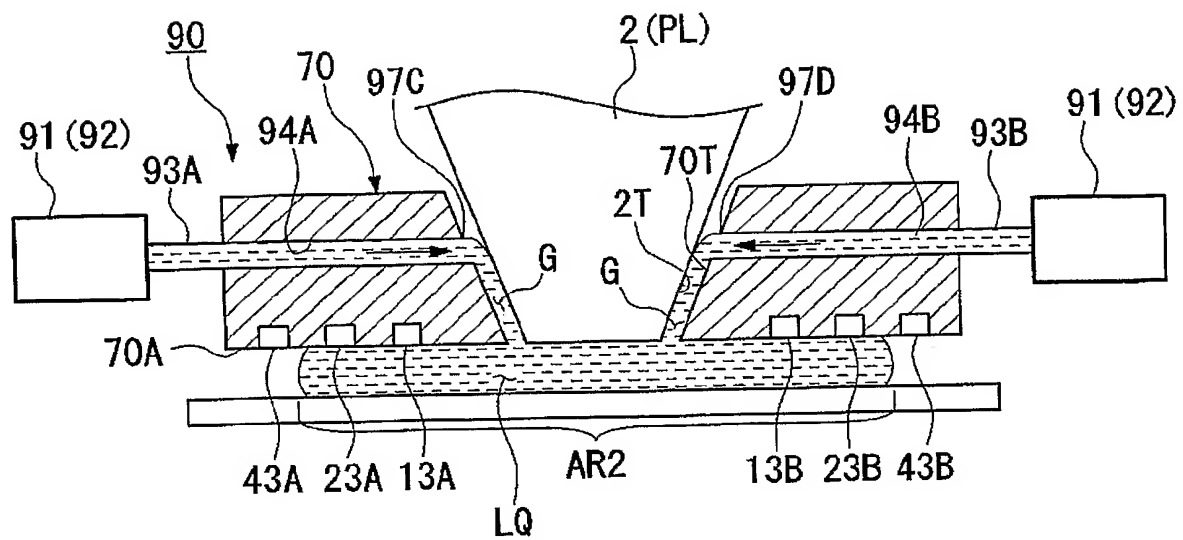
【図 11】



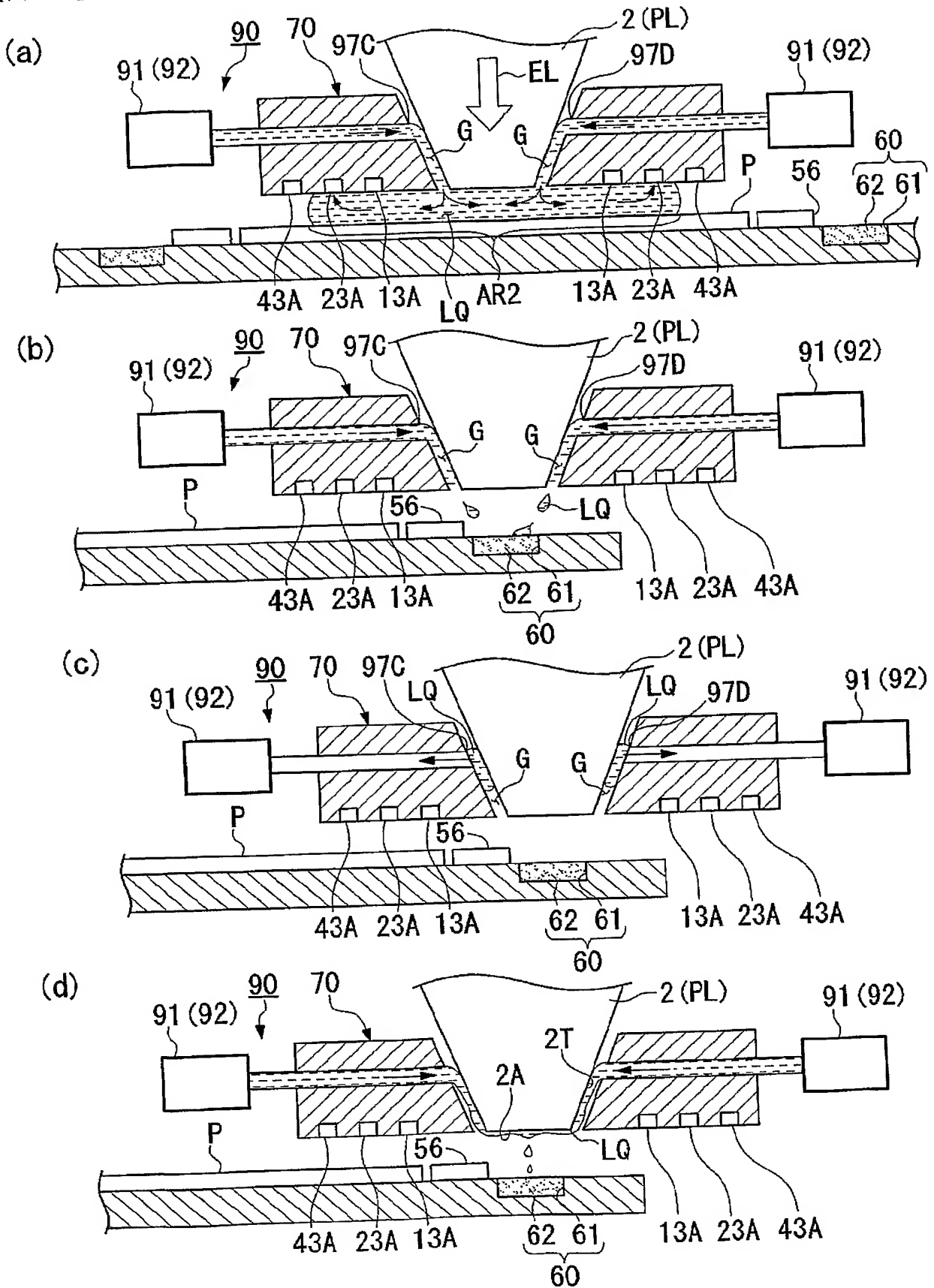
【図 12】



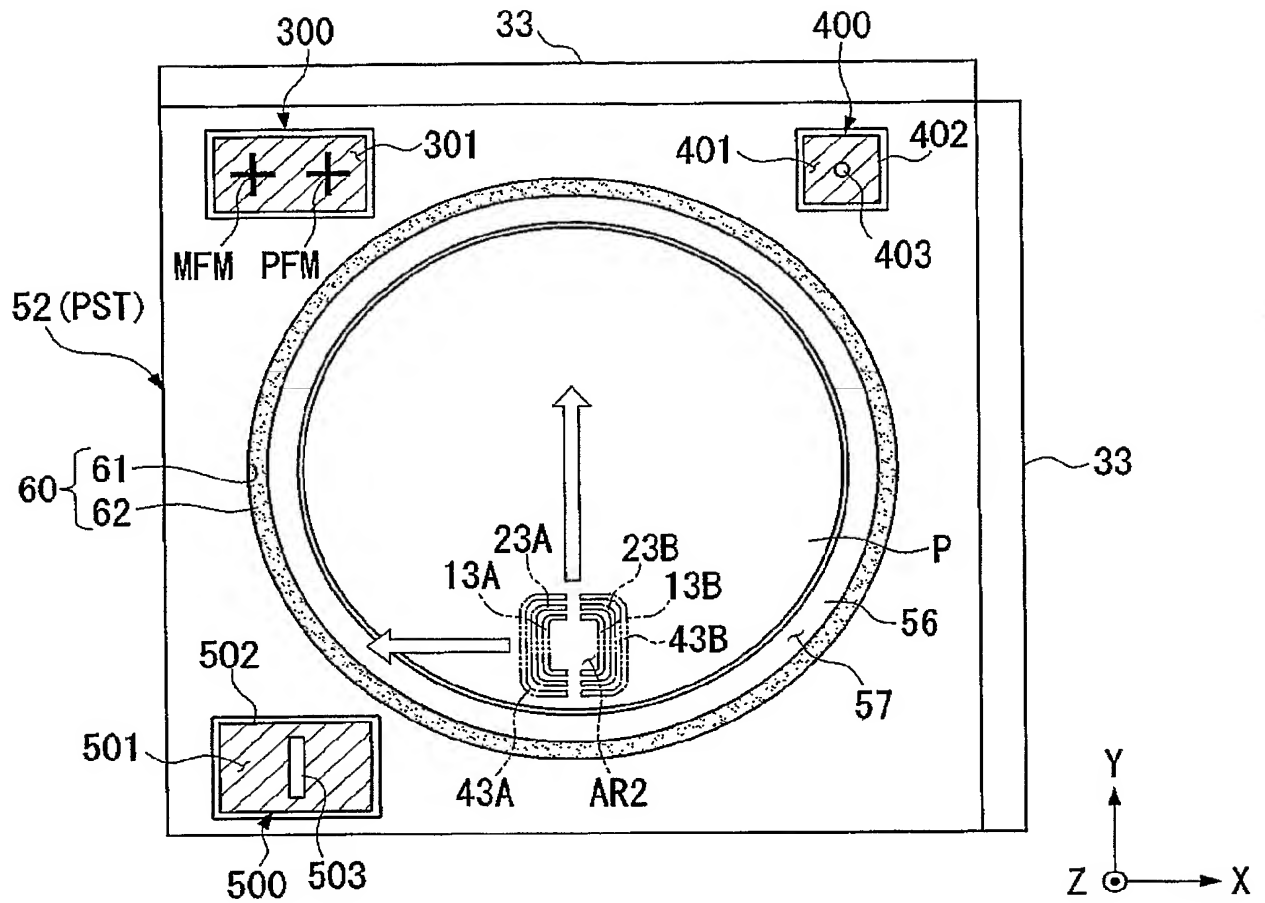
【図 13】



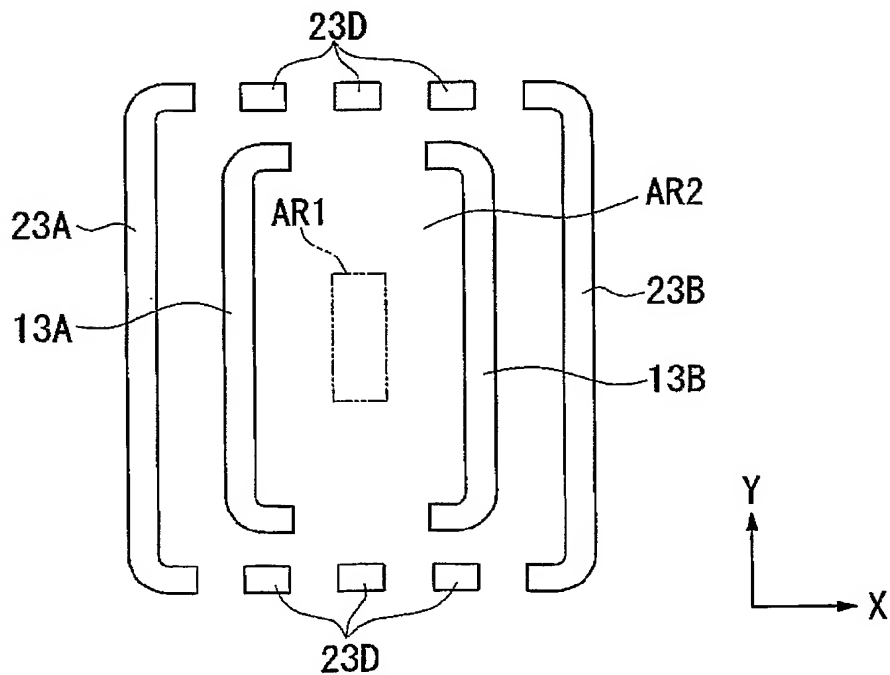
【図 14】



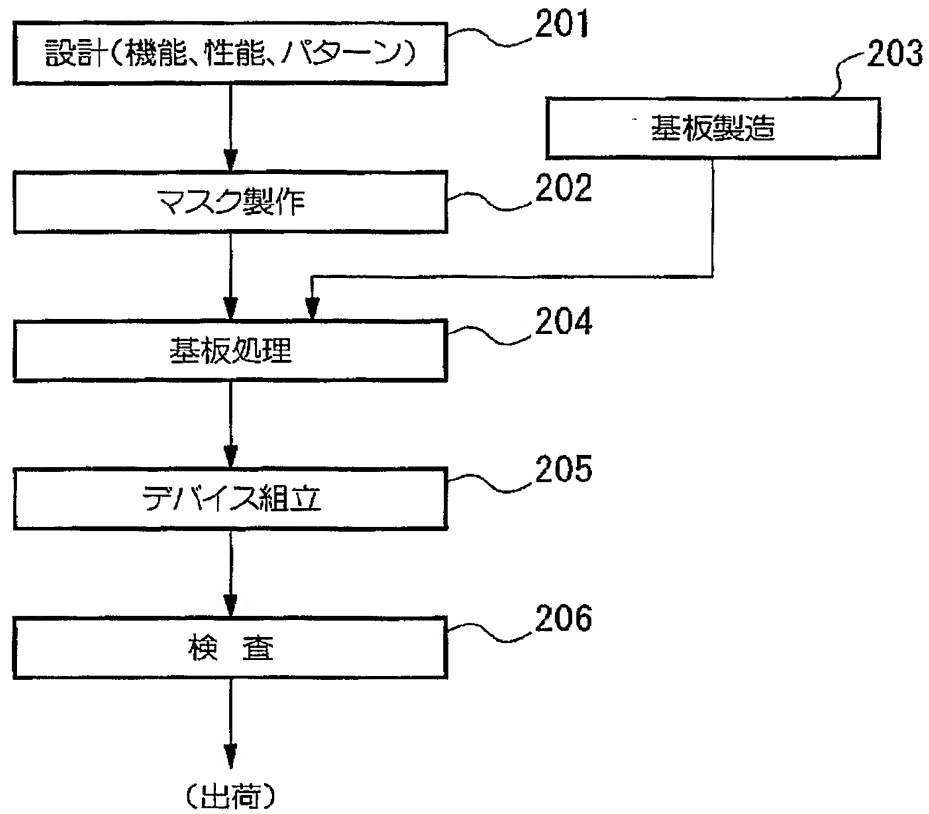
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 液浸領域を良好に形成して高い露光精度及び計測精度を得ることができる露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置 E X は、液体供給機構 1 0 から供給された液体 L Q と投影光学系 P L とを介して基板 P 上に露光光 E L を照射して、基板 P を露光するものであって、液体供給機構 1 0 から供給された液体 L Q の圧力を調整する圧力調整機構 9 0 を備えている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 0 0 2 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 1 1 2 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

氏 名

株式会社ニコン